

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

*Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління*

"На правах рукопису"
УДК 004.852

До захисту допущено
В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр ПАВЛОВ

“ _____ ” _____ 20 20 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Інформаційні управляючі системи та технології»

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему:

«Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

Виконав:

студент VI курсу, групи ІС-391мп

Логвиновський Євгеній Олександрович _____

Керівник:

професор, д.т.н., доцент,

Жаріков Едуард В'ячеславович _____

Консультант:

доцент, к.т.н., доцент,

Жданова Олена Григорівна _____

Рецензент:

професор, д.ф.-м. н., доцент,

Пашко Анатолій Олексійович _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

*Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління*

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський)*

Спеціальність – *126 «Інформаційні системи та технології»*

Освітньо-професійна програма *«Інформаційні управляючі системи та технології»*

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр ПАВЛОВ

«__» _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Логвиновському Євгенію Олександровичу

1. Тема дисертації «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету», науковий керівник дисертації Жаріков Едуард В'ячеславович, д.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «26» жовтня 2020 р. № 3133-с
2. Строк подання студентом дисертації “ 2 ” 12 20 20 р.
3. Об'єкт дослідження – процес прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.
4. Перелік завдань, які потрібно розробити: *проаналізувати відомі методи розв'язання задачі прогнозування попиту; сформулювати перелік найважливіших параметрів, що впливають на величину попиту; розробити алгоритм розв'язання задачі прогнозування попиту на асортимент товарів; визначити структуру програмного забезпечення, технологію зберігання даних; розробити програмну реалізацію алгоритму; провести тестування програмного продукту.*

5. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Схема структурна варіантів використання;
2. Схема структурна станів системи;
3. Схема структурна діяльності системи;
4. Діаграма декомпозиції функціональної моделі IDEF0;
5. Схема бази даних;
6. Схема структурна класів програмного забезпечення;
7. Схема структурна компонентів програмного забезпечення;
8. Структура проєктованої нейронної мережі.

6. Орієнтовний перелік публікацій

Дві публікації: одна стаття у фаховому виданні, одні тези доповіді на науково-практичній конференції.

7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

8. Дата видачі завдання “ 1 ” вересня 20 20 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Систематизація результатів огляду літератури	07.09	
2	Аналіз існуючих методів розв’язання задачі прогнозування	21.09	
3	Постановка та формалізація математичної моделі задачі прогнозування	28.09	
4	Розробка алгоритмів розв’язання задачі прогнозування	05.10	
5	Розробка інформаційного та програмного забезпечення	26.10	
7	Проведення експериментальних досліджень розроблених алгоритмів	02.11	
8	Оформлення документації	18.11	
9	Подання роботи на попередній захист	20.11	
10	Подання роботи на основний захист	02.12	

Студент

Євгеній ЛОГВИНОВСЬКИЙ

Науковий керівник

Едуард ЖАРІКОВ

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 114 с., 45 рис., 36 табл., 1 додаток, 22 джерела.

Актуальність. Для успішної діяльності супермаркетів необхідно вивчати, досліджувати, аналізувати і задовольняти потреби споживачів. Існує багато факторів, що впливають на попит (наприклад, купівельна спроможність покупців, ціна, кількість товарів, знижки тощо), тому керівництву супермаркетів необхідно здійснювати прогнози попиту на товари, що продаються. Прогнозування споживчого попиту є однією з найскладніших економічних задач та потребує ретельного і всебічного вивчення. Завдяки дослідженню та прогнозуванню споживчого попиту можна виявити тенденцію швидкості зміни попиту, визначити вагомі фактори впливу на попит в досліджуваному періоді та зробити передбачення економічного стану супермаркету в майбутньому. Прогнозування сприяє збільшенню майбутніх доходів, забезпечує розвиток та розширення діяльності супермаркету, мінімізує економічні ризики.

Отже, завдання прогнозування попиту споживачів на асортимент товарів супермаркету є актуальним та дозволить підвищити економічну ефективність і рентабельність роботи підприємств.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась на кафедрі автоматизованих систем обробки інформації та управління Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» в рамках теми «Інтелектуальні методи програмування, моделювання і прогнозування з використанням ймовірнісного і лінгвістичних підходів» (Державний реєстраційний номер 0117U000926).

Мета дослідження – підвищення ефективності процесу прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- проаналізувати відомі методи розв'язання задачі прогнозування попиту; –
- обрати один із розглянутих методів та адаптувати його до задачі прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету;

- сформулювати перелік найважливіших параметрів, що впливають на величину попиту;
- розробити алгоритм розв’язання задачі прогнозування попиту на асортимент товарів;
- визначити структуру програмного забезпечення;
- визначити технологію зберігання даних;
- розробити програмну реалізацію алгоритму;
- провести тестування програмного продукту та проаналізувати отримані результати.

Об’єкт дослідження – процес прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Предмет дослідження – методи та засоби прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Методи дослідження, застосовані у даній роботі: метод зворотного поширення помилки, експериментальний метод, евристичний метод, алгоритм багатофакторного аналізу попиту, методи штучного інтелекту (використання штучних нейронних мереж), алгоритм стохастичного градієнтного спуску.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в застосуванні штучних нейронних мереж для прогнозування попиту, який буде враховувати комплекс взаємопов’язаних факторів, що визначаються як специфікою, так і особливостями споживання товарів підприємств роздрібної торгівлі, а також моделювання поведінки людей в супермаркеті з метою підвищення ефективності управління.

Публікації. Матеріали роботи опубліковані в Міжнародному електронному науковому журналі "Наука Онлайн" (випуск № 5 травень 2020 р.) та на V Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Інформаційні системи та технології управління (ІСТУ-2020)».

ПОПИТ, ПРОГНОЗУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ,
СУПЕРМАРКЕТ, ПЕРСЕПТРОН, ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ

ABSTRACT

Master's thesis: 114 pp., 45 fig., 36 tab., 1 appendix, 22 sources.

Topicality. The basis for the successful supermarkets' activity is the study, the research, the analysis and the satisfaction of consumer needs. There are a lot of factors that affect on demand (purchasing ability of buyers, price, amount of goods, discounts etc.), so supermarket management needs to make demand forecasting for goods which are sold. Consumer demand forecasting is one of the most difficult economic problems and requires careful and comprehensive study. Researching and demand forecasting include the possibility to identify changing rate trend of demand, to determine the important impact factors in the researched period and to predict the supermarket economic condition in the future. Forecasting helps to increase future income, ensures the supermarket development and increasing, minimizes economic risks.

So the task of consumer demand forecasting for the range of supermarket goods is relevant, and will increase the economic efficiency and profitability of enterprises.

Relationship with working with scientific programs, plans, themes. The work was performed at the Department of Automated Information Processing and Management Systems of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" within the theme "Intelligent methods of programming, modeling and forecasting using probabilistic and linguistic approaches" (State registration number 0117U000926).

The goal of the research is to increase the efficiency of demand forecasting process for the range of goods.

To achieve this goal you should perform the following **tasks**:

- to analyze the known methods of solving the problem of demand forecasting; –
- to choose one of considered methods and to adapt it to the task of demand forecasting for the range of supermarket goods;
- to create a list of the most important parameters that affect on the demand amount;
- to develop an algorithm for solving the demand forecasting problem for the range of goods;

- to determine the structure of the software;
- to determine the technology of data storage;
- to develop a software implementation of the algorithm;
- to test the software product and to analyze the results.

The object of research – demand forecasting process for the range of supermarket goods.

The subject of research – demand forecasting methods and tools for the range of supermarket goods.

Research methods used in this work: error backpropagation method, experimental method, heuristic method, algorithm of multifactor demand analysis, artificial intelligence methods (use of artificial neural networks), stochastic gradient descent algorithm.

The scientific novelty of the obtained results is the use of artificial neural networks to forecast demand, which will take into account a set of interrelating factors determined by both the specifics of production and consumption of goods of retail enterprises; and human behavior modeling in supermarket to improve the efficiency of management.

Publications. The materials of the work have been published in the International electronic scientific journal "Science Online" (issue no. 5, May, 2020) and at the V Ukrainian-wide scientific-practical conference of young scientists and students "Information systems and management technologies (ISTU-2020)".

DEMAND, FORECASTING, SIMULATION, EXPERIMENT, SUPERMARKET,
PERSEPTRON, ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА АСОРТИМЕНТ ТОВАРІВ СУПЕРМАРКЕТУ	11
1.1 Опис бізнес – процесів.....	11
1.1.1 Опис процесу діяльності.....	14
1.1.2 Актори і функції.....	16
1.1.3 Структура бізнес-процесів.....	18
1.2 Схема функціональної структури	22
1.3 Опис постановки задачі.....	23
1.4 Рішення з інформаційного забезпечення	23
1.4.1 Вхідні дані	23
1.4.2 Вихідні дані	26
1.4.3 Опис структури бази даних	27
1.5 Висновки до розділу	30
2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА АСОРТИМЕНТ ТОВАРІВ.....	32
2.1 Суть задачі прогнозування попиту на асортимент товарів магазину	32
2.2 Аналітичний огляд існуючих способів розв’язання задачі прогнозування.....	33
2.2.1 Статистичні методи вирішення загальної задачі прогнозування	34
2.2.2 Застосування методів штучного інтелекту для вирішення задачі прогнозування	37
Методи теорії нечітких множин.....	37
Застосування нейронних мереж для вирішення задачі прогнозування	39
2.2.3. Спеціалізовані методи прогнозування економічних показників	42
2.3. Змістовна постановка задачі.....	43
2.4 Математична модель	44
2.5 Розробка алгоритму розв’язання задачі прогнозування.....	45
2.6 Результати досліджень ефективності методу	48
2.7 Висновки до розділу	51
3 ОПИС ПРОГРАМНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	52
3.1 Засоби розробки.....	52
3.2 Архітектура програмного забезпечення	52
3.2.1 Діаграма класів.....	52
3.2.2 Діаграма послідовності	54
3.2.3 Діаграма компонентів	56
3.3 Інструкція користувача.....	58
3.4 Особливості програмної реалізації алгоритму прогнозування попиту	74
3.5 Опис технічного забезпечення	79
3.6 Висновки до розділу	80
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ	81

4.1	Опис ідеї проєкту	81
4.1.1	Опис змісту, напрямків та вигод проєкту	81
4.1.2	Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї	83
4.2	Технологічний аудит ідеї проєкту	84
4.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	85
4.3.1	Аналіз попиту	85
4.3.2	Визначення потенційних клієнтів та їх характеристик	86
4.3.3	Аналіз ринкового середовища	87
4.3.4	Аналіз загальних рис конкуренції на ринку	89
4.3.5	Детальний аналіз умов конкуренції в галузі	90
4.3.6.	Фактори конкурентоспроможності продукту	91
4.3.7	Аналіз сильних та слабких сторін проєкту	91
4.3.8	SWOT-аналіз запропонованого проєкту	92
4.3.9	Аналіз альтернатив ринкової поведінки для просування проєкту	93
4.4	Розроблення ринкової стратегії проєкту	94
4.4.1	Визначення стратегії охоплення ринку	94
4.4.2	Формування базової стратегії розвитку	94
4.4.3	Вибір стратегії конкурентної поведінки	95
4.4.4	Розробка стратегії позиціонування	95
4. 5	Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту	96
4.5.1	Формування маркетингової концепції товару	96
4.5.2	Трирівнева маркетингова модель товару	97
4.5.3	Визначення цінових меж	98
4.5.4	Визначення оптимальної системи збуту	99
4.5.5	Розроблення концепції маркетингових комунікацій	99
4.6	Висновки до розділу	100
	ВИСНОВКИ	102
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	103
	ДОДАТОК А	105
	Схема структурна варіантів використання	106
	Схема структурна станів системи	107
	Схема структурна діяльності системи	108
	Діаграма декомпозиції функціональної моделі IDEF0	109
	Схема бази даних	110
	Схема структурна класів програмного забезпечення	111
	Схема структурна компонентів програмного забезпечення	112
	Структура проєктованої нейронної мережі	113

ВСТУП

Прогнозування відіграє важливу роль у житті людей. Якщо в побутових чи особистих ситуаціях ця проблема носить суто пізнавальний характер, то у питаннях економічного характеру знання майбутнього стану певної системи чи об'єкта надають додаткові конкурентні переваги. Чим точніше інформація про майбутнє співпадає з результатами реальних подій, тим більше користі мають особи, що володіли такою інформацією заздалегідь. Знання з математики, інформаційних технологій, економіки тощо сприяли виникненню прогностики, що вивчає закономірності процесу прогнозування.

Прогнозування може здійснюватися для різних подій та випадків, однак саме для економічних показників існує найбільше способів та методів передбачення, які активно застосовуються при плануванні виробничої зайнятості, торговельної активності та інших видів діяльності сучасних підприємств. Прогнозування сприяє збільшенню майбутніх доходів, забезпечує розвиток та розширення діяльності підприємств, мінімізує економічні ризики. Прогнозування прибутків є важливим як для великих підприємств, так і для малих. На сьогоднішній день у кожному населеному пункті є супермаркети – магазини, що здійснюють торгівлю широким асортиментом товарів. Зважаючи на це, прогнозування попиту на товари – **актуальна задача**, що буде вирішуватися у даному дослідженні.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Для досягнення даної мети слід реалізувати такі **завдання дослідження**:

- розглянути існуючі методи прогнозування, окреслити їх особливості та недоліки;
- обрати один із розглянутих методів та адаптувати його до задачі прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету;
- здійснити програмну реалізацію системи, що дозволила б за допомогою обраного методу та відповідних проєктних розробок здійснювати прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету;

- провести тестування створеного продукту, оцінити його загальну ефективність, зробити висновки.

Об’єкт дослідження – процес прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Предмет дослідження – методи та засоби прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Новизною роботи є застосування штучних нейронних мереж для прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету. Для цього шляхом глибокого аналізу предметної галузі необхідно обрати входні змінні, що є потенційно важливими для формування попиту, а потім, шляхом проведення експериментів, встановити реальний вплив цих факторів на споживчий попит.

Робота має важливе **практичне значення**, оскільки створену та налаштовану нейронну мережу можна використовувати у реальній підприємницькій діяльності для прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

В перспективі у створену модель можна додати імовірнісне врахування непередбачуваних ситуацій (економічна криза, епідемія, енергетична криза, повінь, ураган тощо).

1 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА АСОРТИМЕНТ ТОВАРІВ СУПЕРМАРКЕТУ

1.1 Опис бізнес – процесів

Супермаркети – великі магазини самообслуговування, що мають багато відділів, з великим асортиментом продовольчих та непродовольчих товарів. Характерними ознаками супермаркетів є:

- значна площа (від 200 квадратних метрів і більше);
- значна кількість відділів з різноманітним асортиментом товарів (овочі та фрукти, м'ясний, рибний, хлібобулочний, молочний, кондитерський, парфумерно-косметичний, відділи алкогольних напоїв, офісних товарів, побутової хімії тощо);
- наявні стоянки для автомобілів;
- здійснення покупцями комплексних закупівель («все в одному місці»);
- відносно рівномірний потік покупців у різні дні тижня;
- пропозиція кошиків, товарних візків для купівлі значної кількості товарів;
- використання касових апаратів.

Існує чимало бізнес-процесів, пов'язаних з діяльністю супермаркету, проте в межах нашого дослідження увага приділятиметься поведінці людей та покупці товарів різних категорій. Дані про продані товари в кожному відділі будуть використані для прогнозування споживчого попиту.

Попит – це бажання і здатність купувати певні товари за сприятливими цінами. Базою для виникнення попиту є потреби споживачів.

Споживач – це головна фігура на ринку, «король економічної системи». Підприємства роздрібної торгівлі повинні ретельно досліджувати купівельну поведінку споживачів, вивчати фактори впливу, коригувати, спрямовувати поведінку споживачів у необхідне русло [1, с. 11].

Супермаркети мають задовольняти потреби покупців. Площа торгового залу поділена на відділи з метою збільшення обсягів продажів товарів. Важливо, щоб магазин знаходився в густонаселеному місці.

Не менш важливим є дизайн супермаркету, оскільки він впливає на настрій покупців та визначає їх поведінку.

Для полегшення руху покупців, підвищення рівня комфорту та забезпечення максимальної пропускної спроможності зручно використовувати візуальні схеми розташування відділів з нанесенням можливих шляхів та шляхів до виходу, місць розташування кас. Відділи повинні бути розташовані таким чином, щоб покупець обійшов усю площу магазину та купив товарів навіть більше, ніж планував. Це дозволить ефективно використовувати площу супермаркету, підвищити частоту відвідування та збільшити прибутки.

Ціна на товари – важливий фактор, що впливає на поведінку покупців. «Чим вища ціна, тим вища цінність товару» [1, с. 112]. Існують різні варіанти співвідношення ціни і якості товару та пов’язані з ними стратегії (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Стратегії вибору комбінації показників «ціна-якість товару»

Ціна \ Якість	Висока	Середня	Низька
Висока	1. Стратегія преміальних націнок	2. Стратегія глибокого проникнення на ринок	3. Стратегія переваг
Середня	4. Стратегія показного блиску	5. Стратегія середнього рівня	6. Стратегія доброякісності
Низька	7. Стратегія пограбування	8. Стратегія завищеної ціни	9. Стратегія дешевих товарів

Найбільш повну та об’єктивну залежність ціни від якості товару відтворюють стратегії 1, 5, 9: товару високої якості відповідає висока ціна і навпаки – товару низької якості – низька ціна.

Стратегії 2, 3, 6 використовуються в умовах посилення конкурентної боротьби, коли необхідно витіснити конкурентів.

Використання стратегій 4, 7, 8 може негативно вплинути на поведінку покупців та може призвести до зменшення кількості відвідувань супермаркету [1, с. 113].

Реклама – потужний засіб впливу на поведінку покупців. Її мета – інформування покупців (якщо супермаркет тільки починає працювати), переконання у перевагах для споживачів (якщо супермаркет знаходиться на етапі зростання) та нагадування про товар, звернення уваги людей, створення сприятливого іміджу (якщо супермаркет знаходиться на етапі зрілості). Проте дія реклами на поведінку покупців не є безмежною [1, с. 114].

Ще одним інструментом впливу на поведінку покупців є стимулювання збуту – заходи заохочення споживачів (купони, акції, знижки тощо). Щоб ефективно впливати на поведінку споживачів, потрібно:

- регулярно ознайомлювати покупців з новинками;
- «підштовхувати» покупців до непередбачуваних покупок;
- заохочувати постійних покупців [1, с. 118].

Для забезпечення ефективного просування товарів маркетологи застосовують мерчандайзинг – дуже важливий інструмент впливу на поведінку покупців. Мерчандайзинг забезпечує ефективне просування товару в супермаркетах [2].

Найпоширеніші інструменти мерчандайзингу:

- листівки;
- плакати;
- постери;
- стелажі товарів з табло;
- електронні пристрої (прожектори, відеостіни тощо);
- позиціонування полиць, вітрини [1, с. 125].

Мерчандайзинг налагоджує контакти зі споживачами для здійснення впливу на них.

Результати вивчення поведінки покупців допомагають визначити кон'юнктуру ринку. Характер поведінки споживача суттєво впливає на

ефективність діяльності супермаркетів. Основне завдання вивчення купівельної поведінки споживачів полягає в розробці коригувальних заходів для управління поведінкою споживачів [1, с. 182].

Дослідження поведінки споживачів мають бути комплексними, конкретизованими, періодичними та повинні попереджувати виникнення негативних наслідків у поведінці споживачів [1, с. 184].

Виділимо наступні моделі поведінки споживачів при купівлі товару:

- економічну;
- соціологічну;
- психологічну [3, с. 124-125].

Економічна модель передбачає, наявність прагматичних міркувань при купівлі товарів (величина сімейного доходу чи заробітна плата покупця, ціна, термін придатності товару, витрати, пов'язані з експлуатацією товару тощо).

В соціологічній моделі головним фактором впливу на купівельну поведінку споживача є навколишнє соціальне середовище.

В основі психологічної моделі поведінки споживачів при купівлі товарів лежать фактори психологічного впливу. Наприклад, людина з життєвим досвідом більш схильна купувати одяг з натуральної тканини [1, с. 199-200].

Отже, аналіз поданих бізнес-процесів дозволить створити програмний продукт, що допомагає моделювати поведінку споживачів у супермаркеті та прогнозувати попит на асортимент товарів.

1.1.1 Опис процесу діяльності

Предметним середовищем є діяльність управлінського персоналу супермаркету, пов'язана з вивченням попиту на асортимент товарів для збільшення ефективності і рентабельності та зниження ризиків.

На рисунку 1.1 у вигляді діаграми станів показані всі основні стани системи, в яких вона чекає на відповідні дії персоналу.

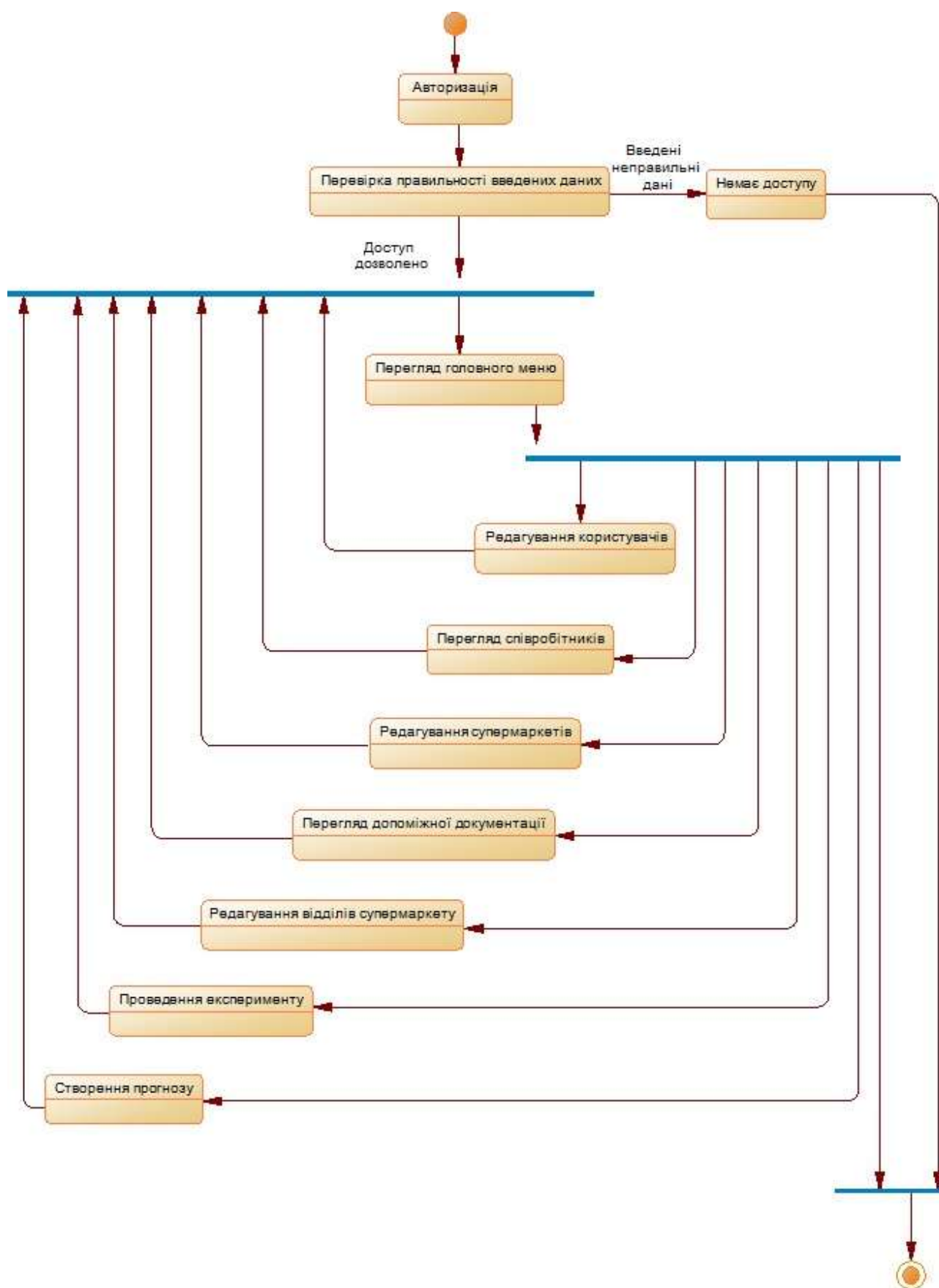


Рисунок 1.1 – Схема структурна станів системи

У випадку успішної авторизації з'являється головне вікно, що містить меню, яке відображає усі можливі дії користувача. Якщо згідно з роллю права користувача обмежені, деякі пункти меню можуть бути недоступні.

В залежності від ролі, користувач може:

- додавати, редагувати, видаляти користувачів;
- додавати, редагувати, видаляти співробітників супермаркету;
- додавати, редагувати, видаляти супермаркети;
- переглядати допоміжну документацію;
- додавати, редагувати, видаляти відділи супермаркету, створювати та редагувати схему шляхів між відділами та шляхів до виходу, місця розташування кас;
- проводити експерименти та зберігати отримані результати;
- створювати прогнози на основі проведених експериментів.

1.1.2 Актори і функції

У межах розробленого програмного продукту будуть взаємодіяти 3 актори: адміністратор, менеджер та аналітик.

Проектуючи логічну модель системи, побудуємо діаграму варіантів використання, на якій показано головні функції, що виконує кожен з акторів (рисунок 1.2).

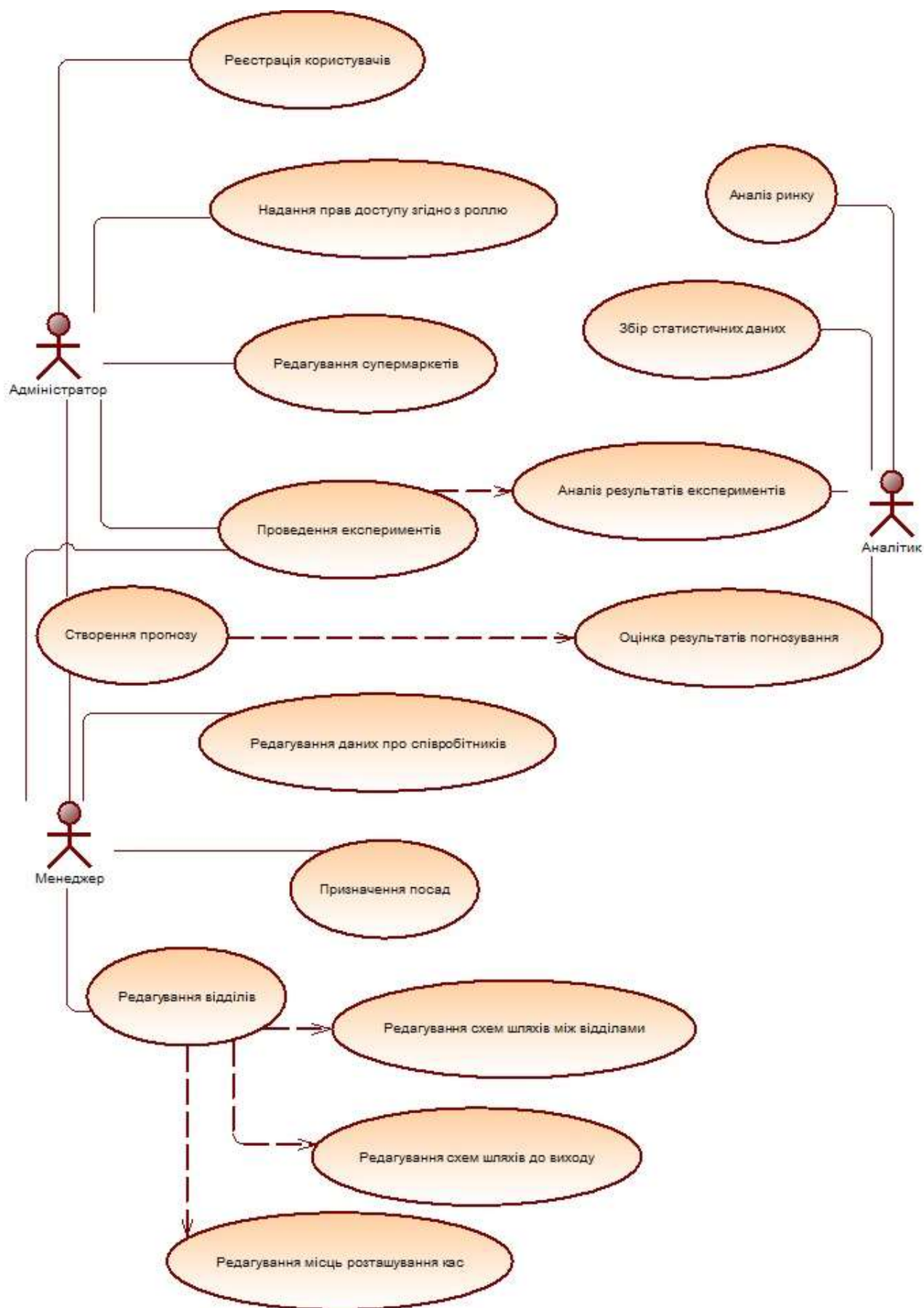


Рисунок 1.2 – Схема структурна варіантів використання

Адміністратор реєструє користувачів та надає їм права доступу згідно з роллю, редагує дані про супермаркети. Він має можливість проводити експерименти та на основі отриманих результатів прогнозувати попит на асортимент товарів за відсутності менеджера.

Менеджер редагує дані про співробітників та призначає на посади згідно з роллю, редагує відділи супермаркету, змінюючи їх кількість та розташування, редагує схеми шляхів між відділами та схеми шляхів до виходу, редагує місця розташування кас. Він проводить експерименти для пошуку оптимальних значень кількості товарів та відсотку знижок для отримання максимального прибутку, а на основі результатів експериментів створює прогноз попиту на асортимент товарів та формує звіти за отриманими результатами.

Аналітик досліджує ринок товарів, збирає статистичні дані, проводить експерименти, аналізує отримані результати, створює прогнози та формує звіти з оцінкою результатів прогнозування.

Таким чином, пріоритети функціональних вимог такі: спочатку адміністратор реєструє користувачів, редагує дані про супермаркети, потім менеджер набирає штат співробітників, редагує відділи супермаркету, потім аналітик досліджує ринок товарів, збирає статистичні дані, потім менеджер проводить експерименти, створює прогноз попиту на асортимент товарів та разом з аналітиком проводить аналіз та оцінку результатів прогнозування.

1.1.3 Структура бізнес-процесів

На рисунку 1.3 зображено діаграму діяльності, на якій показані основні дії користувача без обмеження його прав.

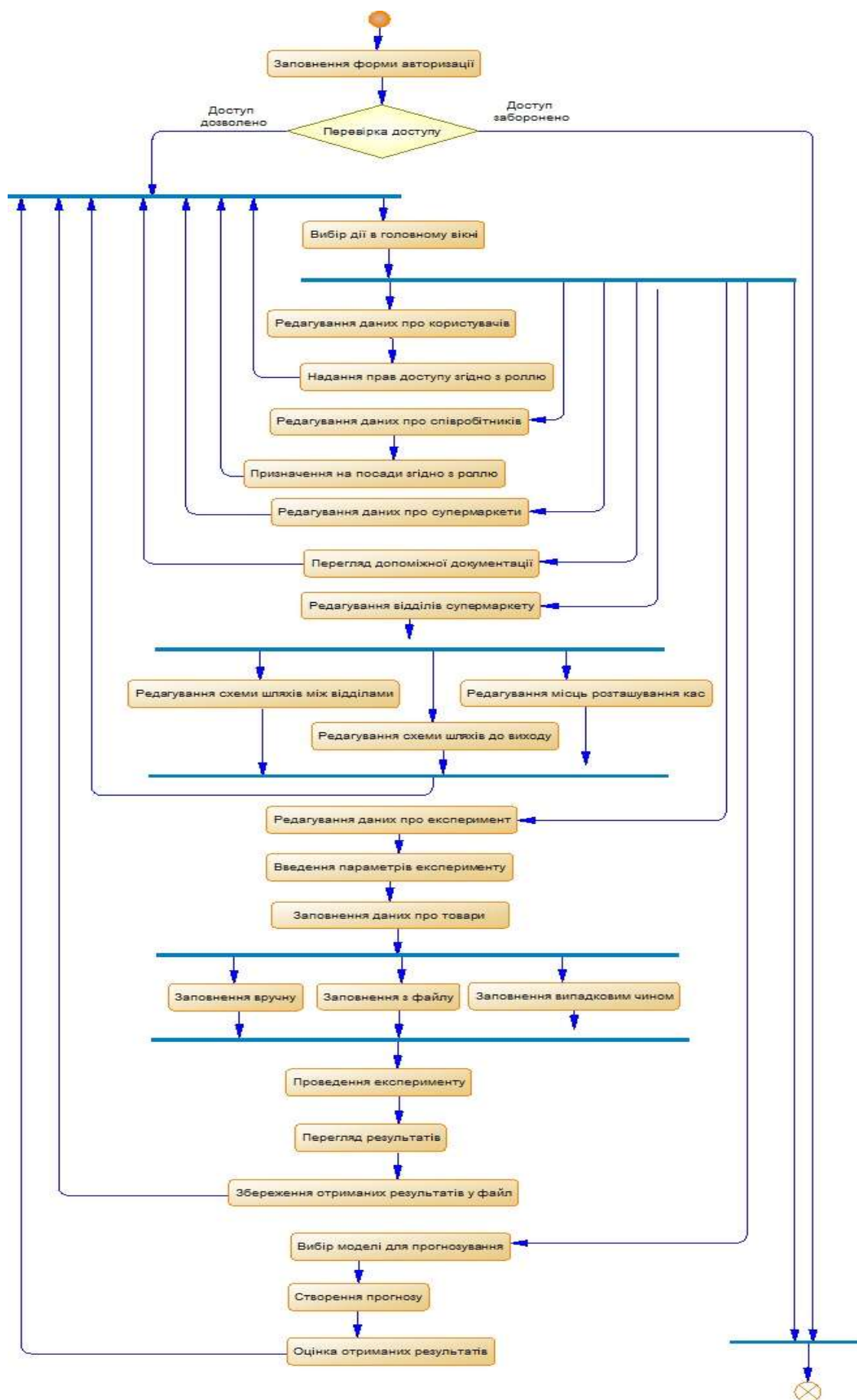


Рисунок 1.3 – Схема структурна діяльності

У таблиці 1.2 наведено опис процесів діяльності користувача без обмеження його прав.

Таблиця 1.2 – Опис процесів діяльності користувача без обмеження його прав

Назва процесу	Опис
Заповнення форми авторизації	Користувач вводить логін та пароль для входу в систему
Вибір дії в головному вікні	Користувач переглядає меню та обирає бажаний пункт
Редагування даних про користувачів	Користувач має можливість додавати, редагувати, видаляти користувачів
Надання прав доступу згідно з роллю	Користувач надає права доступу до функціоналу системи згідно з роллю
Редагування даних про співробітників	Користувач має можливість додавати, редагувати, видаляти співробітників конкретного супермаркету
Призначення на посади згідно з роллю	Користувач призначає на посади співробітників згідно з роллю
Редагування даних про супермаркети	Користувач має можливість додавати, редагувати, видаляти супермаркети
Перегляд допоміжної документації	Користувач переглядає документацію про систему
Редагування відділів супермаркету	Користувач має можливість додавати, редагувати, видаляти відділи супермаркету
Редагування схеми шляхів між відділами	Користувач має можливість додавати, видаляти шляхи між відділами
Редагування схеми шляхів до виходу	Користувач має можливість додавати, видаляти шляхи до виходу

Продовження таблиці 1.2

Назва процесу	Опис
Редагування місць розташування кас	Користувач має можливість додавати, видаляти каси та змінювати їх розташування
Редагування даних про експеримент	Користувач має можливість додавати, редагувати, видаляти дані про експеримент
Введення параметрів експерименту	Користувач вводить необхідні значення параметрів експерименту
Заповнення даних про товари	Користувач заповнює вхідні дані про товари
Заповнення вручну	Користувач має можливість додавати, редагувати, видаляти дані про товари
Заповнення з файлу	Користувач додає дані про товари з CSV-файлу
Заповнення випадковим чином	Дані про товари генеруються випадковим чином в межах введених параметрів експерименту
Проведення експерименту	Користувач проводить експеримент на основі введених параметрів експерименту та заповнених даних про товари
Перегляд результатів	Користувач переглядає результати експерименту по всьому супермаркету та по відділах, в таблицях та на графіках
Збереження отриманих результатів у файл	Користувач має можливість зберегти отримані результати в базу даних, CSV-файл та графічні файли

Продовження таблиці 1.2

Назва процесу	Опис
Вибір моделі для прогнозування	Користувач обирає бажану модель для прогнозування попиту серед поданих
Створення прогнозу	Система створює прогноз попиту на асортимент товарів на основі результатів проведених експериментів
Оцінка отриманих результатів	Користувач переглядає, здійснює аналіз та оцінку отриманих результатів прогнозування

1.2 Схема функціональної структури

На рисунку 1.4 зображено діаграму декомпозиції функціональної моделі системи в нотації IDEF0, що відображає структуру задач та інформаційні зв'язки між елементами системи та зовнішнім середовищем.

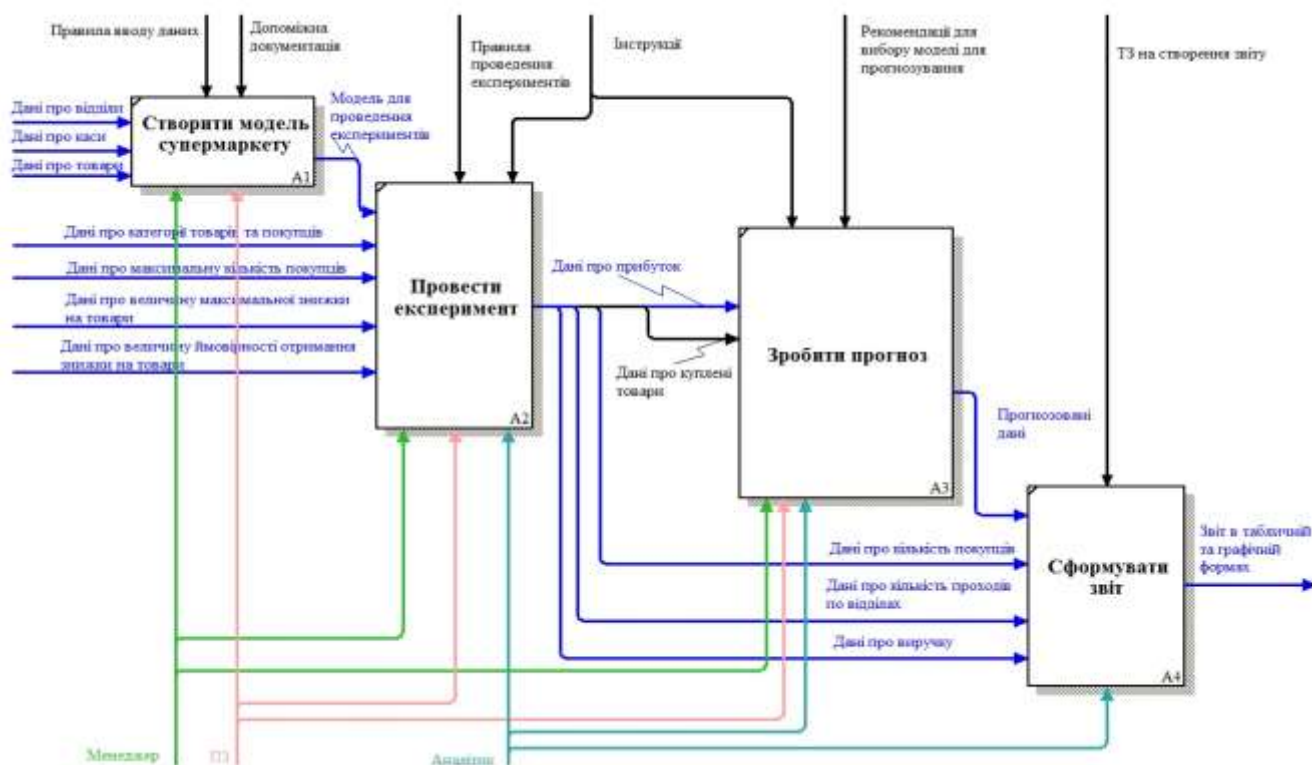


Рисунок 1.4 – Діаграма декомпозиції функціональної моделі IDEF0

1.3 Опис постановки задачі

Мета створення системи: підвищення ефективності процесу прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

Призначення системи: моделювання поведінки людей у супермаркеті, проведення експериментів, знаходження оптимальних значень параметрів (кількості товарів, максимальної знижки, цін на товари) для отримання максимальної кількості куплених товарів, виручки та прибутку, а на основі отриманих даних створення прогнозу попиту, що підвищить економічну ефективність та рентабельність роботи супермаркету.

Для досягнення мети необхідно реалізувати такі завдання:

- а) створити модель діяльності супермаркету:
 - 1) додати супермаркет;
 - 2) розробити схему розташування відділів з нанесенням можливих шляхів та шляхів до виходу, місць розташування кас;
 - 3) розробити реалізацію моделі;
- б) провести серію експериментів для знаходження оптимальних значень параметрів;
- в) обґрунтувати тип та структуру нейронної мережі для прогнозування обсягів попиту;
- г) проаналізувати перелік показників роботи супермаркету, що впливають на величину попиту і направити їх на входи нейронної мережі;
- д) використати результати експериментів для навчання нейронної мережі;
- е) протестувати роботу системи, проаналізувати отримані результати та зробити висновки про ефективність впливу на кінцевий результат запропонованих показників.

1.4 Рішення з інформаційного забезпечення

1.4.1 Вхідні дані

Вхідні дані, необхідні для створення моделі супермаркету, представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вхідні дані для створення моделі супермаркету

Найменування	Тип даних	Розмірність
Назва супермаркету	текст	50
Назва відділу	текст	50
Координата X розташування відділу	ціле число	4
Координата Y розташування відділу	ціле число	4
Шляхи між відділами	текст	50
Шляхи до виходу	текст	50
Місце розташування кас	ціле число	4
Назва товару	текст	50
Артикул	текст	50
Обсяг товару	текст	50
Закупівельна ціна	дійсне число	18, 2
Продажна ціна	дійсне число	18, 2
Знижка	дійсне число	18, 2
Ймовірність покупки	дійсне число	18, 2

Вхідні дані, необхідні для проведення експерименту, представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вхідні дані для проведення експерименту

Найменування	Тип даних	Розмірність
Назва експерименту	текст	50
Кількість ітерацій	ціле число	4
Кількість покупців	ціле число	4
Кількість товарів	ціле число	4
Максимальна знижка	дійсне число	18, 2
Ймовірність знижки	дійсне число	18, 2

Продовження таблиці 1.4

Найменування	Тип даних	Розмірність
Категорія покупців	текст	50
Категорія товарів	текст	50

Вхідні дані, необхідні для створення прогнозу, представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Вхідні дані для створення прогнозу

Найменування	Тип даних	Розмірність
Загальна кількість видів товарів супермаркету	ціле число	4
Кількість кас	ціле число	4
Кількість висотних будинків в радіусі 1 км	ціле число	4
Затрати на закупку прогнозованих видів товарів	дійсне число	18, 2
Площа торгової зали	дійсне число	18, 2
Відстань до найближчого транспортного хабу	дійсне число	18, 2
Найменша відстань до іншого супермаркету	дійсне число	18, 2
Місяць року	ціле число	4
Затрати на рекламу	дійсне число	18, 2
Освітленість у торговій залі	дійсне число	18, 2

Вхідні дані, необхідні для створення нового користувача, представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Вхідні дані для створення нового користувача

Найменування	Тип даних	Розмірність
Логін	текст	50
Пароль	текст	50
ПІБ	текст	150
Початок надання доступу	дата	10
Кінець надання доступу	дата	10
Роль	текст	50

1.4.2 Вихідні дані

Вихідними даними програми є звіти у табличній та графічній формах, що містять інформацію про кількість покупців, кількість придбаних товарів, кількість проходів, виручку та прибуток контрольної та тестової груп по супермаркету в цілому та по відділах, прогнозовані величини попиту на товари.

Результати проведених експериментів представлені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Результати експериментів

Найменування	Тип даних	Розмірність
Кількість товарів	ціле число	4
Кількість проходів	дійсне число	18, 2
Кількість покупців	дійсне число	18, 2
Кількість придбаних товарів	дійсне число	18, 2
Виручка	дійсне число	18, 2
Прибуток	дійсне число	18, 2
Значимість різниці виручок	ціле число	4
Значимість різниці прибутків	ціле число	4
Група товарів	ціле число	4

Результат навчання нейронної мережі – прогнозовані величини попиту на товари.

1.4.3 Опис структури бази даних

В межах даної роботи виділено такі сутності: роль, користувач, супермаркет, відділ, товар, експеримент, параметри експерименту, категорія, результат експерименту.

Ключові сутності та зв'язки між ними представлені на рисунку 1.5 у вигляді концептуальної моделі бази даних (у формі ER-діаграми) та на рисунку 1.6 у вигляді схеми бази даних після приведення до третьої нормальної форми.

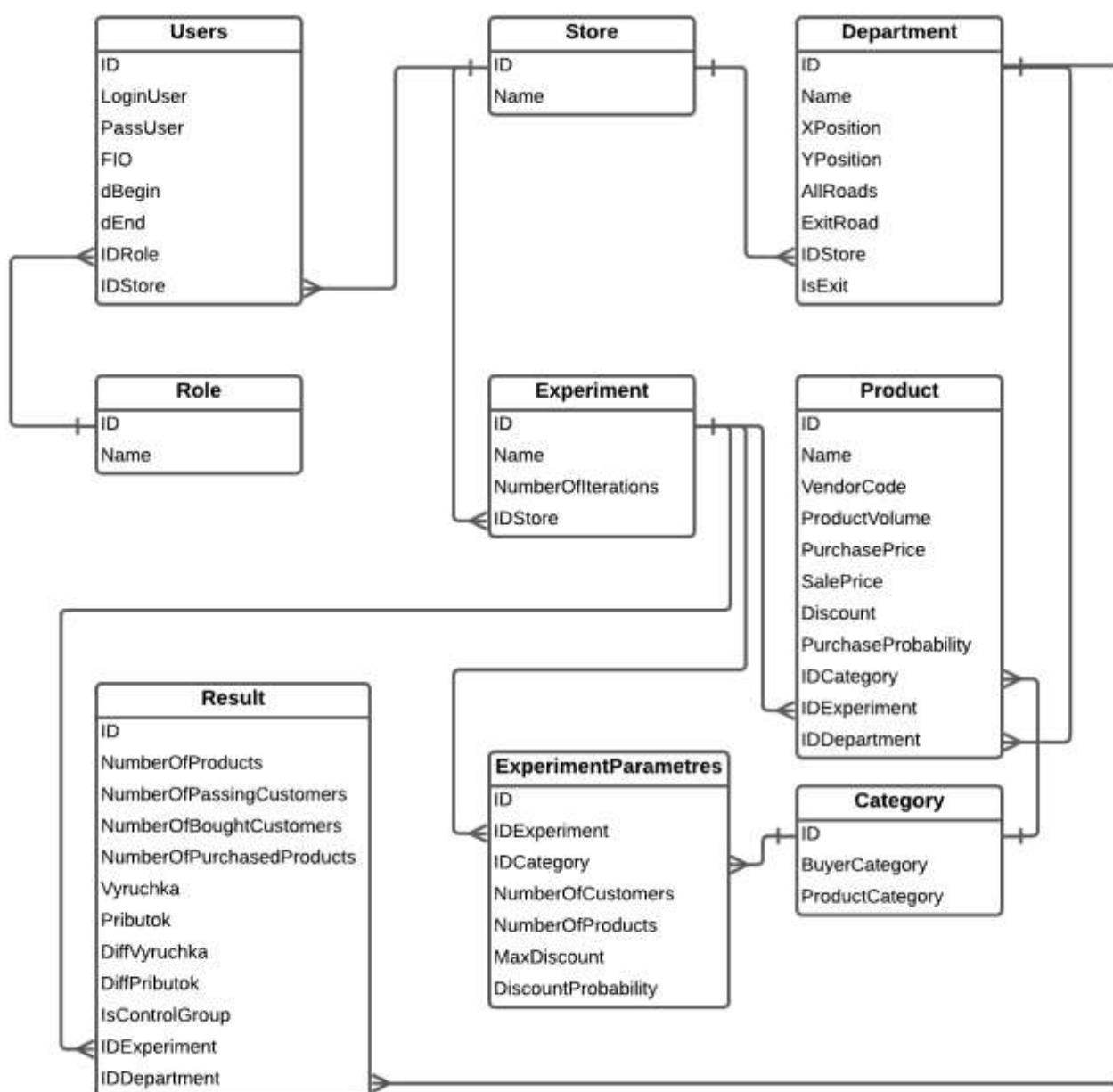


Рисунок 1.5 – ER-діаграма бази даних

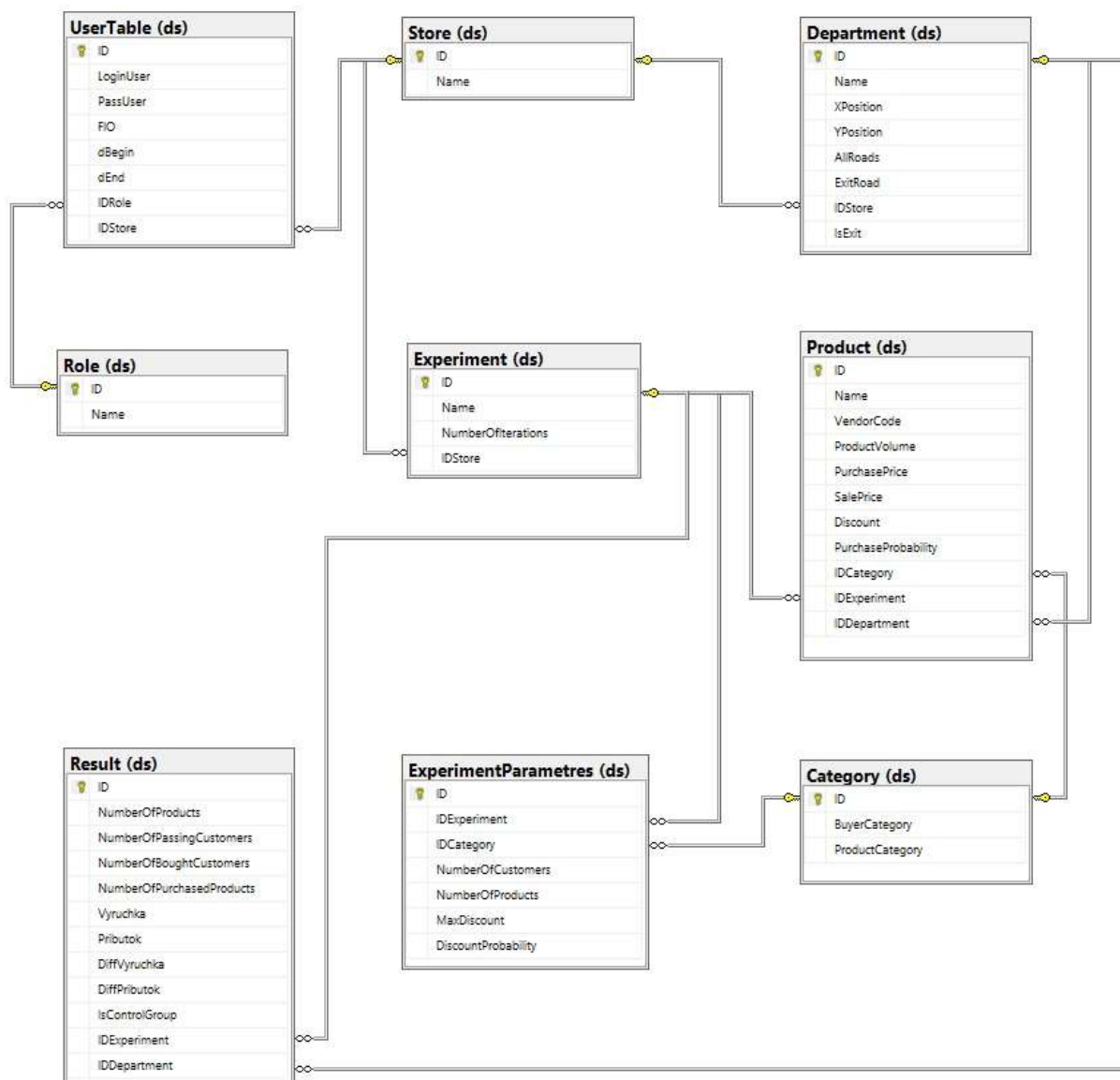


Рисунок 1.6 – Схема бази даних

База даних складається з 9 таблиць [4-9], до яких входить інформація про усі сутності предметної області. Атрибути представлені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Атрибути сутностей предметної області

Назва сутності	Найменування атрибутів	Тип даних	Розмірність
1. Роль	назва ролі	текст	50

Продовження таблиці 1.8

Назва сутності	Найменування атрибутів	Тип даних	Розмірність
2. Користувач	логін	текст	50
	пароль	текст	50
	ПІБ	текст	150
	початок надання доступу	дата	10
	кінець надання доступу	дата	10
3. Супермаркет	назва супермаркету	текст	50
4. Відділ	назва відділу	текст	50
	координата X розташування відділу	ціле число	4
	координата У розташування відділу	ціле число	4
	шляхи між відділами	текст	50
	шляхи до виходу	текст	50
	місце розташування кас	ціле число	4
5. Товар	назва товару	текст	50
	артикул	текст	50
	обсяг товару	текст	50
	закупівельна ціна	дійсне число	18, 2
	продажна ціна	дійсне число	18, 2
	знижка	дійсне число	18, 2
	ймовірність покупки	дійсне число	18, 2
6. Експеримент	назва експерименту	текст	50
	кількість ітерацій	ціле число	4

Продовження таблиці 1.8

Назва сутності	Найменування атрибутів	Тип даних	Розмірність
7. Параметри експерименту	кількість покупців	ціле число	4
	кількість товарів	ціле число	4
	максимальна знижка	дійсне число	18, 2
	ймовірність знижки	дійсне число	18, 2
8. Категорія	категорія покупців	текст	50
	категорія товарів	текст	50
9. Результат експерименту	кількість товарів	ціле число	4
	кількість проходів	дійсне число	18, 2
	кількість покупців	дійсне число	18, 2
	кількість придбаних товарів	дійсне число	18, 2
	виручка	дійсне число	18, 2
	прибуток	дійсне число	18, 2
	значимість різниці виручок	ціле число	4
	значимість різниці прибутків	ціле число	4
	група товарів	ціле число	4

1.5 Висновки до розділу

У результаті роботи над цим розділом визначені бізнес-процеси предметного середовища, що підлягають автоматизації. Проаналізовано діяльність користувачів з різними обов'язками. Наведено схему функціональної структури. Поставлені мета та завдання, що мають бути вирішені для її досягнення. Визначено всю початкову інформацію, яка потрапляє до програми та всю звітну інформацію, яку програма видає в результаті роботи. На основі цих

даних створено структуру бази даних у третій нормальній формі, яка повністю відповідає розробленому програмному продукту.

Цієї інформації достатньо для подальшої деталізації та використання в наступних розділах.

2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА АСОРТИМЕНТ ТОВАРІВ

2.1 Суть задачі прогнозування попиту на асортимент товарів магазину

Супермаркет – це один із численних різновидів бізнесу з організації та проведення продажів для забезпечення населення товарами продовольчої і непродовольчої груп (товарами широкого вжитку – ТШВ) [10]. Для кращого розуміння специфіки саме цього виду підприємницької діяльності пропонується розглянути дерево цілей супермаркету, наведене на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Дерево цілей супермаркету

Проаналізувавши особливості діяльності для забезпечення населення товарною продукцією, можна перейти до формалізації проблеми прогнозування в цілому та прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету зокрема.

У загальному випадку поточний стан будь-якої системи, для якої визначаються економічні показники [11], характеризується набором з n параметрів. Поточному стану підприємства відповідає вектор \vec{x}_i значень величин, що описують його економічний поточний i -тий стан (наприклад, стан рахунків, дебіторська та кредиторська заборгованість, величини поточних та ф'ючерсних контрактів, і т. д.):

$$\vec{x}_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}. \quad (2.1)$$

Інформація про (2.1) дозволяє професіоналові-економісту на основі знання типових значень відповідних величин x_{ij} оцінювати стан справ в цілому на підприємстві, а також у окремих його галузях. Однак знання лише одного такого поточного значення вектора \vec{x}_i сильно звужує можливості щодо аналізу часових змін стану підприємства, а знання динаміки процесу у багатьох випадках навіть важливіше, ніж наявність інформації про поточний стан об'єкта.

Відповідно до теми роботи, контролю підлягає набір величин – обсяги попиту на асортимент товарів супермаркету. Прогнозувати попит на весь асортимент, який включає тисячі найменувань продукції, в рамках виконання магістерської роботи неможливо, адже відповідні дослідження вимагають тривалої роботи цілої команди фахівців, причому у тісному контакті з адміністрацією супермаркету, яка є замовником такої роботи і усіляко сприяє їй. Дослідження такого рівня мають високу вартість.

Отже, у складі (2.1) розглядатимемо тільки декілька параметрів (до десяти, які будуть обрані пізніше) – обсяги попиту на найбільш ходові товари серед усіх ТШВ. При цьому кількість елементів в (2.1) буде дорівнювати:

$$n \in [5; 10], \quad (2.2)$$

Існує багато способів [11] моделювання стану \vec{x}_i : статистичні, кваліметричні, на основі методів штучного інтелекту тощо. Найбільш поширені підходи розглянуто у наступному підрозділі.

2.2 Аналітичний огляд існуючих способів розв'язання задачі прогнозування

Історично першими способами вирішення задач прогнозування були методи математичної статистики, а саме такого її розділу, як регресійний аналіз [12]. При цьому прогнозування прирівнюється до задачі апроксимації наявних експериментальних точок, що відповідають інформації про попередні стани системи, найбільш прийнятною функціональною залежністю із подальшою

екстраполяцією, тобто вирахуванням прогнозного значення за отриманою функціональною залежністю.

Іншим способом прогнозування є побудова математичної моделі, за якою на основі поточних значень величин, пов'язаних з предметом прогнозування, обчислюється цільове майбутнє значення – прогноз. Такі підходи називають кваліметричними (скоринговими, бальними), оскільки прогнозоване значення обчислюється на основі певних балів, що відповідають різним значенням пов'язаних, часто якісних характеристик.

Останнім часом для вирішення задачі прогнозування все частіше використовують методи штучного інтелекту, зокрема, нейронні мережі та нечіткі множини.

2.2.1 Статистичні методи вирішення загальної задачі прогнозування

Як уже зазначалося вище, найбільш повну інформацію про економічний стан підприємства можна отримати, розглядаючи процес в динаміці [11], тобто беручи до уваги попередні значення вектора (2.1):

$$\vec{x}_{i-1}, \vec{x}_{i-2}, \dots, \vec{x}_{i-m}, \quad (2.3)$$

де m – загальна кількість значень вектора попередніх станів, що зберігаються з метою аналізу динаміки процесу зміни попиту;

i – загальна кількість економічних станів підприємства.

Якщо число m є фіксованим, то при отриманні нового вектора \vec{x}_i , попереднє його значення має записатися в \vec{x}_{i-1} , а значення \vec{x}_{i-1} в \vec{x}_{i-2} , і т. д. – усі значення векторів мають зсунутися на одну позицію. Для таких дій зручно використовувати структуру даних «черга» (перший прийшов – перший вийшов, або First Input First Output, FIFO).

Для випадку контролю лише одного параметру (тобто при $n = 1$ у (2.2)), послідовність (2.3) набуває свого найпростішого вигляду:

$$C_{i-1}, C_{i-2}, \dots, C_{i-m}, \quad (2.4)$$

де C – значення параметру, що описує поточний економічний i -тий стан підприємства.

При збереженні хоча б двох різних значень вектора стану типу (2.1), що містить економічні параметри, які описують супермаркет, необхідною стає процедура порівняння двох таких станів: $\Delta \vec{x} = \vec{x}_{i-k} - \vec{x}_{i-k+1}$, що для (2.4) є очевидною і рівною простій арифметичній різниці $\Delta C = C_{i-k} - C_{i-k+1}$, а у більш загальному випадку (2.3) можна використовувати, як відстань у евклідовому багатовимірному просторі (з розмірністю n).

Сукупність значень (2.3) може бути коротко позначена наступним чином:

$$\mathbf{X}_i = \{\vec{x}_{i-1}, \vec{x}_{i-2}, \dots, \vec{x}_{i-m}\} = \{\vec{x}_{i-k} \mid k = 1..m\}, \quad (2.5)$$

де \mathbf{X}_i – матриця, що містить інформацію про усі попередні стани системи, що враховуються при моделюванні.

Задача оцінки майбутнього економічного стану \vec{x}_i лише на основі попередніх станів \vec{x}_{i-k} , тобто матриці (2.5), є статистичною задачею побудови часового ряду (зведення тренду), яка може вирішуватися достатньо ефективно, наприклад, шляхом сплайн-апроксимації (при цьому важливу роль грають степінь сплайну, метод здійснення апроксимації тощо), а потім – відповідної екстраполяції [12]. У більшості випадків, навіть при вирішенні наукових, а не тільки інженерно-економічних задач, дослідники звертаються до регресійного аналізу на основі рівнянь лінійної та простих нелінійних регресій.

Інший підхід до побудови статистичної моделі може базуватися на врахуванні другої складової інформації про майбутню картину економічного стану, а саме набору $\vec{u}_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{il}\}$ наявних значень показників, напряду не пов'язаних з \vec{x}_i , але таких, що на нього впливають. Тут l – кількість таких показників. Моделювання майбутнього економічного стану на основі переліку наявних показників відповідає кваліметричному підходу [10].

Для поставленої задачі оцінки майбутніх показників попиту на товари супермаркету такими показниками є загальна кількість видів товарів, наявність великих транспортних вузлів та житлових масивів поблизу тощо. Ці показники опосередковано впливають на показник величини попиту у майбутньому.

Відповідно, можна навести класифікацію статистичних методів прогнозування економічних показників підприємства в залежності від типу вхідної інформації. Виділимо три схеми моделювання.

У першій схемі враховується тільки інформація \mathbf{X}_i про попередні значення попиту, але не враховується наявна інформація \bar{u}_i про вхідні параметри стану, який буде прогнозуватися, тобто:

$$\bar{x}_i = f(\mathbf{X}_i). \quad (2.6)$$

Такий підхід означає побудову певного тренду, закону, за яким дискретно змінюються у часі параметри стану. За відсутності суттєвих несподіваних факторів підхід є достатньо ефективним.

Для виявлення трендів використовують методи математичної статистики [12] (регресійний аналіз, сплайн-апроксимацію, перетворення Фур'є із подальшою фільтрацією тощо).

У другій схемі враховуються тільки відомі обставини \bar{u}_i майбутнього стану, але без залучення даних про попередні стани \mathbf{X}_i :

$$\bar{x}_i = f(\bar{u}_i). \quad (2.7)$$

У прогнозуванні така ситуація є досить поширеною, а відповідні моделі називають кваліметричними [10]. При цьому в (2.7) враховуються поточні значення різноманітних суттєвих показників, важливих для предметної галузі, яка розглядається. Ці значення усереднюються, зважуються, згортаються і в результаті отримують один показник, за величиною якого можна зробити висновок про результат прогнозування.

З математичної точки зору для цього випадку застосовуються різноманітні методи згортки, нормалізації, методи експертного аналізу тощо.

Третій підхід є об'єднанням переваг обох схем та дозволяє позбутися їх недоліків шляхом реалізації наступної залежності, де враховуються обидва типи інформації, наявної в системі:

$$\bar{x}_i = f(\mathbf{X}_i, \bar{u}_i). \quad (2.8)$$

Такий підхід до моделювання економічного стану на основі використання вектора \vec{y}_i змінних поточного стану даного підприємства, а також з урахуванням динаміки зміни попиту у попередні періоди X_i є найефективнішим, однак і найбільш складним з точки зору побудови адекватної залежності (2.8), її тестування та впровадження, тому у роботі розглядатися не буде.

2.2.2 Застосування методів штучного інтелекту для вирішення задачі прогнозування

Штучний інтелект (ШІ, Artificial Intelligence – AI) є надзвичайно перспективною науковою галуззю, яка із розвитком комп'ютерної техніки, все більше охоплює основні сфери життя людини. Не винятком є і задачі прогнозування, для вирішення яких все частіше залучають методи теорії нечітких множин або теорії штучних нейронних мереж, які є найпоширенішими і тому будуть розглянуті докладніше нижче.

Методи теорії нечітких множин

Одним із таких популярних методів отримання кінцевого результату в задачах моделювання складного характеру, зокрема в таких, як прогнозування в економічній сфері, є застосування апарату нечіткої логіки (fuzzy logic) [13], що є досить перспективним механізмом, який також широко застосовується в галузі інтелектуального аналізу даних (ІАД). Перевагою таких систем є можливість роботи з нечисловими, розмитими або якісними, вираженими словами, лінгвістичними даними. Процедура фазифікації вхідної інформації, в якій використовуються лінгвістичні змінні, дозволяє поставити у відповідність елементам множини \vec{y}_i їх текстові описи, а потім використати простий та зрозумілий набір правил нечітких продукцій для обчислення кінцевого результату у нечіткій, розмитій формі. Після застосування процедури дефазифікації отримуємо конкретне значення прогнозованої величини. Головною перевагою при такому підході є відсутність необхідності побудови складної математичної моделі (які часто реалізують на базі методів багатовимірного регресійного

аналізу, інших статистичних методів, що потребує нетривіального математичного підґрунтя), а використання простої бази правил.

Зважаючи на широке поширення систем нечіткого виведення, розглянемо докладніше весь процес їх використання (зокрема, для задач прогнозування, як у даній роботі) [13]. Він полягає у циклічному виконанні процедури нечіткого виведення. Єдиним кроком, що не виконується під час робочого часу системи, а реалізується лише один раз – при її розробці – є створення бази знань нечітких правил продукцій.

Система нечітких правил продукцій – узгоджена множина окремих правил нечітких продукцій, побудованих на основі виразів виду:

$$\text{ПРАВИЛО } <1>: \text{ЯКЩО } \langle \beta_1 \in \alpha_{11} \rangle \text{ ТО } \langle \beta_2 \in \alpha_{21} \rangle. \quad (2.9)$$

У (2.9) нечіткі вирази антецеденту A та консеквенту B розписані у формі $\langle \beta_i \in \alpha_{ij} \rangle$ через лінгвістичні змінні β_i , деякі з яких є вхідними (це змінні, що беруть участь у антецедентах), деякі – вихідними (змінні, які входять до консеквентів). α_{ij} – який-небудь конкретний терм із терм-множини лінгвістичної змінної β_i .

Таким чином, першим кроком процедури нечіткого виводу, який до того ж виконується лише один раз, є створення бази знань нечітких продукцій. Це задача, яку має виконувати експерт (експерти) у даній предметній галузі, оскільки від якості цієї системи (її повноти та адекватності кожного правила) залежить успішна робота системи прогнозування в майбутньому. Помилки при проектуванні бази правил можуть призводити до катастрофічних наслідків, причому найбільша частка складних проблем виникає внаслідок недоліків системи нечітких правил продукцій.

Важливою властивістю бази знань має бути її узгодженість, тобто правила не повинні суперечити одне одному. При розробці бази знань командою експертів перевірка на узгодженість має відбуватися окремим її підетапом.

Після зведення бази знань нечітких продукцій та її реалізації у певному електронному апаратному забезпеченні розпочинається процес нормального функціонування системи прогнозування, що є ітеративним, циклічним; і кожна ітерація складається зі складових:

- фазифікація вхідних величин, що входять до умов правил нечітких продукцій (обчислення значень функцій належності активних термів усіх вхідних лінгвістичних змінних);
- агрегування підумов для правил, що мають складені антецеденти (встановлення ступеня істинності для кожного правила, що утворюють базу знань нечітких продукцій);
- активізація підвисновків (встановлення ступенів істинності для кожного підвисновку);
- акумулювання висновків (об'єднання термів для формування значень лінгвістичних змінних);
- дефазифікація вихідних змінних (обчислення значень вихідних змінних).

Недолік нечітких систем полягає у складності контролю кінцевого результату моделювання традиційними математичними методами, а сам цей результат суттєво залежить від вибору функцій належності.

Застосування нейронних мереж для вирішення задачі прогнозування

Окремим класом таких систем, які можуть застосовуватися для вирішення задачі прогнозування майбутніх економічних станів, є розв'язання за допомогою нейронних мереж, яким присвячена чи не найбільша відносна частка усіх наукових джерел останніх років. Нейронні мережі застосовуються для задач розпізнавання [14], класифікації [15], апроксимації [16] і прогнозування.

Штучною нейронною мережею (далі – ШНМ) називають систему, яка, приймаючи на вхід вектор вхідних величин, за складними (нелінійними) внутрішніми законами створює вектор вихідних величин, що є більш-менш задовільним розв'язком поставленої задачі [17].

Елементарною складовою ШНМ є один нейрон, показаний на рисунку 2.2. Це об'єкт, що має певну кількість входів (на рисунку – n входів), які називаються дендритами та один вихід, що називається аксоном [18].

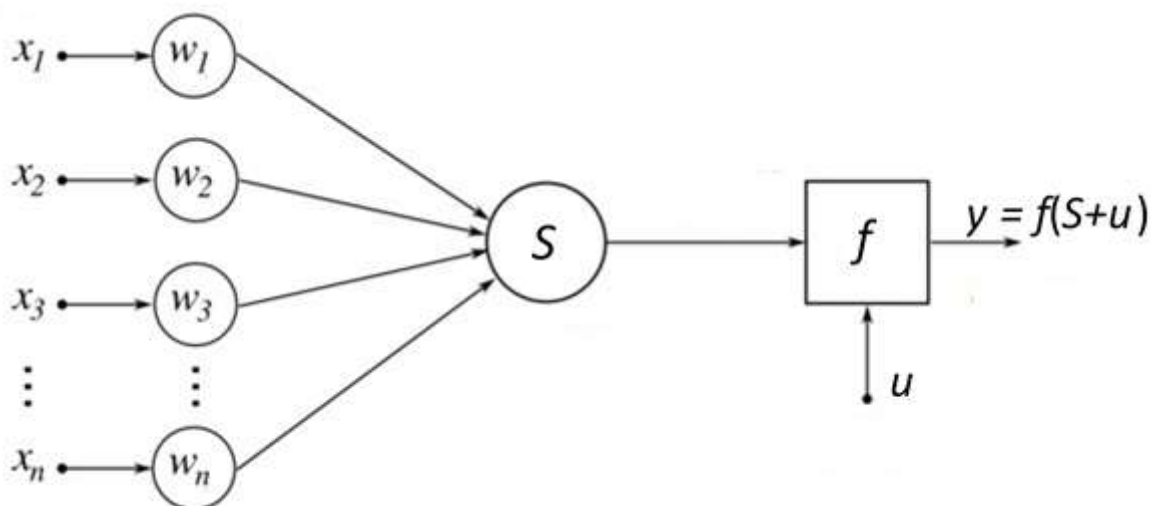


Рисунок 2.2 – Структура штучного нейрона

На входи нейрона подаються вхідні сигнали x_1, x_2, \dots, x_n , що є виходами попередніх нейронів, розташованих раніше по ходу проходження сигналу. Кожен вхідний сигнал x_i множиться на певне число w_i , що називають синаптичною вагою відповідного входу. Усі зважені вхідні сигнали подаються на суматор, який виробляє зважену суму S виду:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i. \quad (2.10)$$

До цієї зваженої суми вхідних сигналів може додаватися зсув або зміщення u (у поширеному частинному випадку зміщення відсутнє, тобто $u = 0$) і від цієї суми виробляється певна функція f , що називається активаційною. Так формується вихідний сигнал нейрона y , що передається далі нейронною мережею:

$$y = f(S + u). \quad (2.11)$$

Відповідно, комбінуючи (2.10) та (2.11), маємо функцію [19]:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + u\right). \quad (2.12)$$

Аналізуючи функцію (2.12), бачимо, що важливу роль для кожного нейрона відіграють три особливості:

- набір конкретних значень ваг w_i , що описують кожен вхід нейрона;
- вид активаційної функції f даного нейрона;
- наявність зсуву або порогового значення активації u .

Зважаючи на те, що звичайна ШНМ складається як мінімум з кількох нейронів (а частіше – з десятків чи навіть сотень нейронів) з великою кількістю входів, задача підбору вагових коефіцієнтів w_i значно ускладнюється [20]. Тривалий процес задання конкретних «правильних» значень цих вагових коефіцієнтів називають процесом навчання нейронної мережі. Існують різні алгоритми навчання нейронних мереж, які узагальнено можна поділити на дві групи: «з учителем» та «без учителя».

Вид активаційної функції f також є дуже важливим моментом для функціонування нейронної мережі [16]. На рисунку 2.3 наведено найбільш поширені види функцій активації, що найчастіше використовуються у роботі з нейронними мережами. З точки зору обчислювальної складності найкращим є використання порогових функцій, що фактично являють собою константну залежність (або хоча б лінійних, але не сигмоїдних).

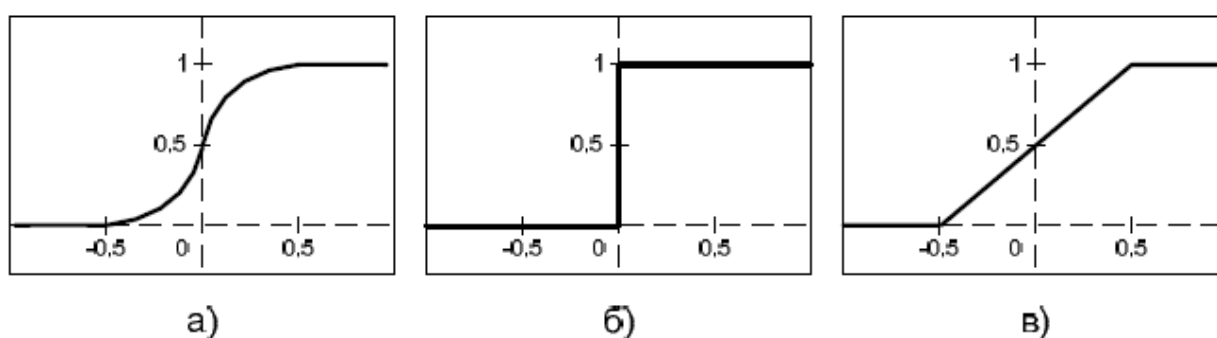


Рисунок 2.3 – Найбільш поширені типи функцій активації: а – сигмоїдна, б – порогова, в – лінійна.

При побудові нейронної мережі, крім характеристик окремих нейронів, важливим стає також спосіб їх з'єднання (так само, як і їх загальна кількість, організація нейронів у групи, шари тощо).

Найпростішим і найпоширенішим способом з'єднання нейронів у конкретну ШНМ є персептрон, що обумовлено широким спектром задач, які можна вирішувати за допомогою ШНМ з такою внутрішньою структурою [20].

Зважаючи на всі особливості ШНМ, їх використання є доцільним для вирішення задачі прогнозування [21] і обрано за основу для програмної реалізації.

2.2.3. Спеціалізовані методи прогнозування економічних показників

У галузі економіки чималу увагу приділяють математичним методам для прогнозування економічних показників. Проводяться спеціальні процедури, що сприяють оптимізації економічної діяльності підприємства.

Одним із основних спеціалізованих методів є прибутковий, що має наступні особливості:

- може базуватися на знанні детальних показників підприємства (відомий склад основних фондів, рівень амортизаційних відрахувань, а також плани керівництва з придбання додаткового майна, розроблені бізнес-плани) або на використанні середньогалузевої та загальноекономічної динаміки зростання;
- зазвичай створюється три варіанти прогнозу: оптимістичний, найбільш імовірний (середній) та песимістичний;
- може використовуватися два підходи: цілісний (що аналогічний розглянутому вище методу регресійного аналізу, який виражається формулою (2.6)) та поелементний або непрямий (прогнозування кожної складової грошового потоку).

Часто частина інформації про підприємство відноситься до розряду комерційної таємниці, тому особі, що здійснює прогнозування, доводиться застосовувати більш спрощені методи: метод капіталізації доходів, метод середньоарифметичної величини та метод середньозваженої величини.

У методі капіталізації доходу для визначення розміру нормалізованого доходу поряд з методом екстраполяції можуть проводитися розрахунки методом простого ковзного середнього або зваженого ковзного середнього. Таким чином, даний метод фактично є комбінацією традиційної екстраполяції.

У методі простого ковзного середнього визначається середньоарифметичне значення показника за ретроспективний період визначеної довжини. Відповідно, суттєвою перевагою даного методу є його надзвичайна простота, яка визначає і його недолік: отримати значення, що більш-менш достовірно описує майбутній період можна лише за умови повної статичності як самого бізнесу, так і зовнішніх

умов. Таким чином, цей метод використовується при оцінці показників (в т. ч. попиту на товари) для стабільно функціонуючого бізнесу у незмінних умовах.

Метод зваженого ковзного середнього заснований на припущенні, що чим ближче ретроспективний період до дати оцінки, тим більше значення слід надавати показникам цього періоду при прогнозуванні. Глибший аналіз показує, що і в цьому випадку проявляється недолік попереднього: метод зваженого ковзного середнього ефективний при стабільності зовнішніх умов.

Основою спеціалізованих методів визначення економічних показників є розглянуті в пункті 2.2.1 загальні методи прогнозування, але з урахуванням специфіки відповідної галузі. Відповідно, вони мають ті ж самі недоліки і тому не будуть використовуватися в рамках даного дослідження (тим більше, що загальний час використання статистичних методів наближається до кількох сотень років, тому знайти у цьому напрямі якісь нові елементи надзвичайно складно). Більш логічно шукати нові можливості у методах, що з'явилися порівняно недавно, зокрема в галузі штучного інтелекту.

Отже, зважаючи на сформульовані вище недоліки теорії нечітких множин, доцільно вирішити задачу прогнозування обсягів попиту на товари супермаркету із застосуванням штучних нейронних мереж.

2.3. Змістовна постановка задачі

На основі аналізу інформації у доступних науково-технічних джерелах можна сформулювати задачу дослідження: здійснити розробку системи прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету на основі використання штучних нейронних мереж. Для цього слід виконати наступні кроки:

- проаналізувати та запропонувати перелік показників роботи супермаркету, що можуть впливати на величину попиту, і направити їх на входи нейронної мережі;
- обґрунтувати тип та структуру нейронної мережі для прогнозування обсягів попиту;

- виконати програмну реалізацію цієї системи;
- знайти у відкритих джерелах відповідні відомості та сформувати пул навчальної інформації, на основі якої здійснити навчання нейронної мережі;
- протестувати роботу системи та зробити висновки щодо ефективності впливу на кінцевий результат окремих економічних показників.

У якості вхідної інформації використовується:

- перелік назв та економічна ефективність показників роботи супермаркету, що можуть впливати на обсяги попиту на асортимент його товарів;
- перелік значень обраних показників та відповідного значення попиту майбутнього періоду, що становить навчальну вибірку для навчання нейронної мережі;
- характеристики доступних засобів розробки програмного забезпечення, що дозволяють обрати оптимальний варіант для реалізації інтелектуальної системи на базі нейронної мережі.

Вихідною інформацією буде:

- величини попиту на окремі товари супермаркету у майбутній період.

2.4 Математична модель

Дано:

$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – набір вхідних параметрів, що подаються на входи нейрона;

n – кількість вхідних параметрів.

$y_{true} = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ – набір істинних значень попиту, що використовуються для навчання нейромережі;

m – кількість вихідних параметрів.

w_1, w_2, \dots, w_n – набір синаптичних ваг.

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i, \quad (2.13)$$

де S – суматор, що виробляє зважену суму.

$$y_{progn} = f(S) = f(\sum_1^n w_i x_i), \quad (2.14)$$

де y_{progn} – прогнозоване значення попиту, f – функція активації (сигмоїда).

Цільова функція:

$$L = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{true} - y_{progn})^2} \rightarrow \min, \quad (2.15)$$

де L – функція втрат [22].

2.5 Розробка алгоритму розв'язання задачі прогнозування

Застосовуючи нейронні мережі для розв'язання задачі прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету, необхідно здійснити навчання мережі таким чином, щоб точність прогнозування була якомога вищою.

Для реалізації алгоритму процесу навчання необхідно спочатку зчитати дані для навчання. У файлі розміщуються параметри, що впливають на попит, а також реально отримані значення попиту на обрані товари за заданий період. Кількість файлів рівна числу магазинів, що використовуються для навчання, і кожен файл відповідає одному магазину.

На рисунку 2.4 схема процесу навчання показана узагальнено, хоча більшість її елементів мають порівняно просту деталізацію. Найскладнішим є реалізація елемента «Відкоригувати ваги синапсів мережі за допомогою методу зворотного поширення помилки», який здійснюється за допомогою однойменного методу.

Також на рисунку 2.4 не показані прості елементи на зразок вибору максимального значення із набору похибок. Самі ж похибки у випадку векторного виходу нейронної мережі можуть обчислюватися за різними процедурами, однак у роботі використовується проста метрика n -вимірного евклідового простору, тобто корінь квадратний із суми квадратів різниць кожної прогнозованої величини попиту та реально отриманого значення (2.15).

Метод зворотного поширення помилки – ітеративний метод навчання багатошарового персептрона, заснований на алгоритмі стохастичного градієнтного спуску.

Тренування нейронної мережі – задача мінімізації функції втрат. Для вирішення даної задачі використовується алгоритм стохастичного градієнтного спуску. За допомогою даного алгоритму можна відкоригувати ваги синапсів мережі.

Алгоритм стохастичного градієнтного спуску:

Крок 1. Вибрати один параметр з набору даних.

Крок 2. Знайти всі частинні похідні функції втрат за вагою або за зміщенням.

Крок 3. Оновити усі ваги та зміщення.

Крок 4. Повторити з кроку 1.

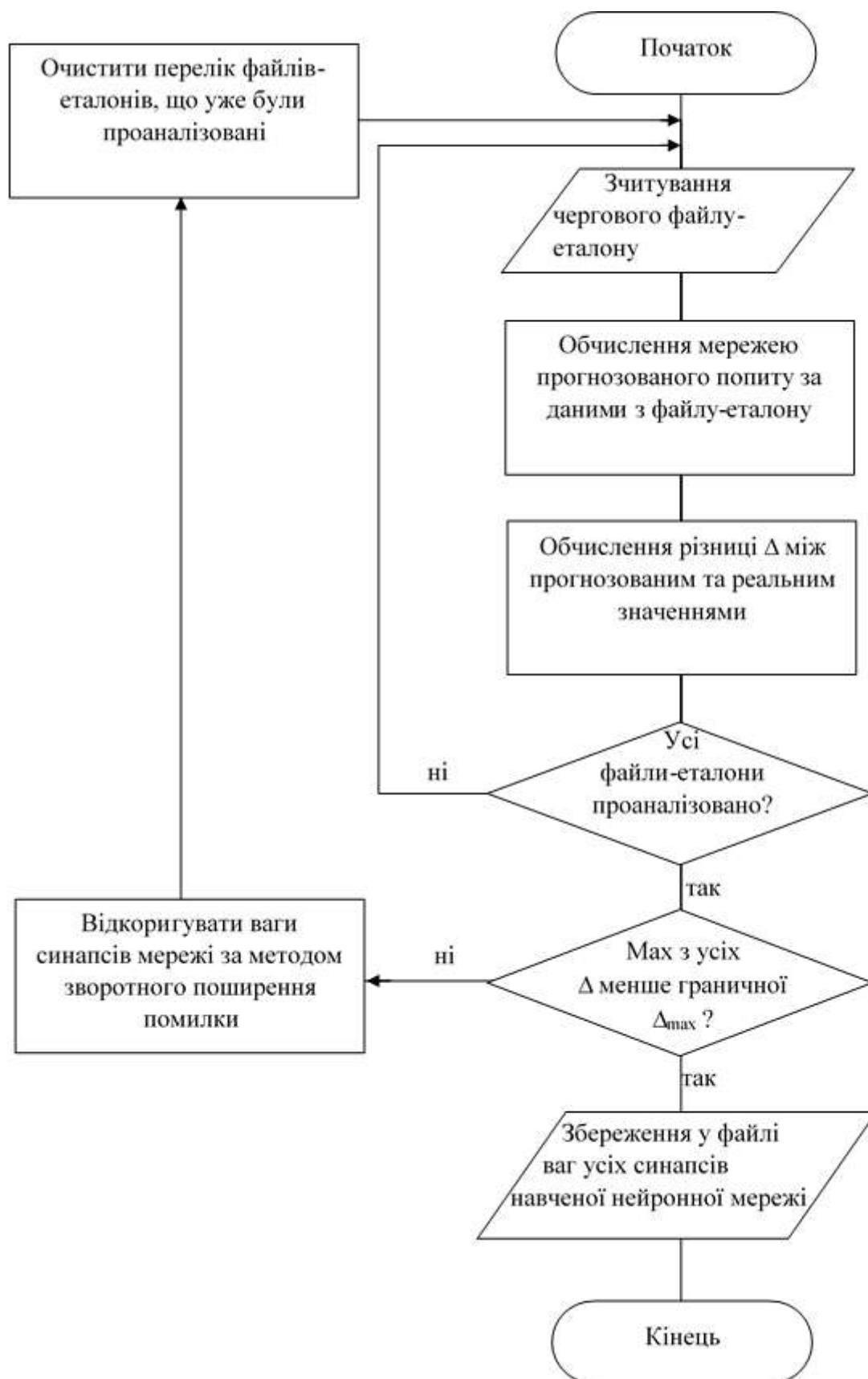


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму процесу навчання нейронної мережі

2.6 Результати досліджень ефективності методу

Проведено тривале у часі тестування стабільності роботи створеної програми, яке показало, що вона працює у штатному режимі без виникнення якихось системних помилок, непередбачених аварійних завершень тощо.

Розроблена програма протестована на адекватність виконання поставленої задачі – прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету. Для цього випадковим чином із наявної сукупності усіх навчальних ситуацій (яких всього зібрано 72 – по два роки для трьох різних магазинів) виключено три, на яких здійснювалося не навчання, а перевірка адекватності прогнозування навченої нейронної мережі. Ці три випадки, що виключені із навчальної вибірки, використані для тестування адекватності результатів роботи мережі.

Отже, після навчання системи, у програмі тричі запускався процес прогнозування, у якості вхідних даних використовувалися реальні параметри. У результаті отримано прогнозовані величини попиту на п'ять груп товарів, що наведені в таблицях 2.1 – 2.5. Також можна побачити справжні обсяги споживання, що були отримані реальними супермаркетами при таких вхідних даних, і відповідні похибки прогнозування.

Таблиця 2.1 – Похибки прогнозування попиту на хліб для трьох реальних випадків (навчальних ситуацій)

Випадок:	Значення отримане реальним магазином, грн.:	Прогнозова не системою значення, грн.:	Помилка прогнозування:
Ситуація 1	6720	7718	13%
Ситуація 2	8117	8792	8%
Ситуація 3	5294	6213	15%
Середнє	-	-	12%

Таблиця 2.2 – Похибки прогнозування попиту на молоко для трьох реальних випадків (навчальних ситуацій)

Випадок:	Значення отримане реальним магазинном, грн.:	Прогнозова не системою значення, грн.:	Помилка прогнозування:
Ситуація 1	10500	9871	6%
Ситуація 2	9873	12110	18%
Ситуація 3	14215	15974	11%
Середнє	-	-	12%

Таблиця 2.3 – Похибки прогнозування попиту на ковбасу для трьох реальних випадків (навчальних ситуацій)

Випадок:	Значення отримане реальним магазинном, грн.:	Прогнозова не системою значення, грн.:	Помилка прогнозування:
Ситуація 1	34860	39802	12%
Ситуація 2	45940	52114	12%
Ситуація 3	31780	26974	18%
Середнє	-	-	14%

Таблиця 2.4 – Похибки прогнозування попиту на горілку для трьох реальних випадків (навчальних ситуацій)

Випадок:	Значення отримане реальним магазином, грн.:	Прогнозова не системою значення, грн.:	Помилка прогнозування:
Ситуація 1	43260	52105	17%
Ситуація 2	57211	52114	10%
Ситуація 3	40024	47974	17%
Середнє	-	-	15%

Таблиця 2.5 – Похибки прогнозування попиту на картоплю для трьох реальних випадків (навчальних ситуацій)

Випадок:	Значення отримане реальним магазином, грн.:	Прогнозова не системою значення, грн.:	Помилка прогнозування:
Ситуація 1	6327	7412	15%
Ситуація 2	7282	8659	16%
Ситуація 3	6143	7586	19%
Середнє	-	-	17%

Середні значення похибок складають 12-17 %, що є цілком задовільним результатом проведених тестувань, на основі якого можна будувати стратегії розвитку та діяльності бізнесу на майбутні періоди. Розроблений програмний продукт має достатню практичну цінність та може реально застосовуватися у дослідженнях ефективності роботи супермаркетів України.

2.7 Висновки до розділу

У розділі проаналізовано особливості задачі прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету, здійснено огляд існуючих способів розв'язання даної задачі (статистичні методи та методи штучного інтелекту), розглянуто спеціалізовані методи прогнозування економічних показників, обґрунтовано змістовну постановку задачі, представлено математичну модель, розроблено алгоритм розв'язання задачі прогнозування попиту, який полягає в мінімізації похибки для підвищення точності складених прогнозів, наведено результати експериментальних досліджень.

3 ОПИС ПРОГРАМНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Засоби розробки

Оскільки при створенні програмного продукту використано клієнт-серверну архітектуру, було обрано такі засоби розробки:

- сервер баз даних SQL Server 2017 Express;
- програма для візуального проєктування бази даних (БД) Microsoft SQL Server Management Studio Express (SSMSE);
- програма для розробки клієнтського додатку з графічним інтерфейсом Microsoft Visual Studio 2019;
- мова програмування C#;
- підключення клієнта до сервера через драйвер ODBC (Open DataBase Connectivity).

3.2 Архітектура програмного забезпечення

3.2.1 Діаграма класів

Діаграма класів показана на рисунку 3.1. Оскільки розроблена програма має клієнт-серверну архітектуру, на стороні клієнта використовуються лише класи візуального інтерфейсу користувача, що відповідає різним видам діяльності користувача, описаній в п. 1.1.3. Призначення кожного класу наведено в таблиці 3.1.

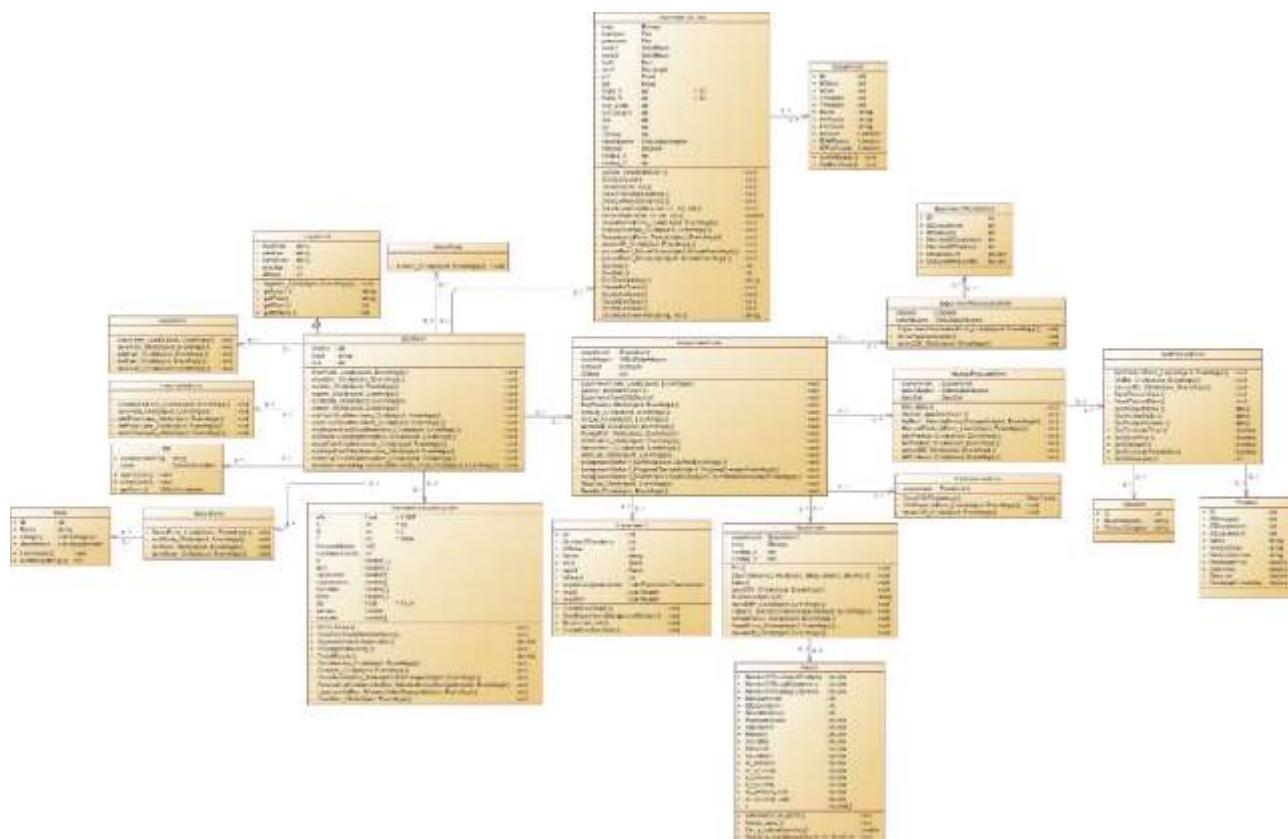


Рисунок 3.1 – Схема структурна класів

Таблиця 3.1 – Призначення класів програмного забезпечення

Клас	Призначення
StartForm	Головна форма, що має доступ до інших форм програмного продукту за допомогою кнопок та меню
LoginForm	Форма авторизації користувачів
DB	Клас, що надає доступ до бази даних
UsersForm	Форма управління користувачами
EmployeesForm	Форма управління співробітниками супермаркету
AboutForm	Форма, що містить допоміжну документацію про програму
StoresForm	Форма редагування супермаркетів
Store	Клас супермаркету

Продовження таблиці 3.1

Клас	Призначення
DepartmentsForm	Форма редагування відділів супермаркету
Department	Клас відділів супермаркету
ExperimentForm	Форма проведення експериментів
Experiment	Клас експерименту, що дозволяє моделювати діяльність супермаркету
ExperimentParametresForm	Форма редагування параметрів експерименту
ExperimentParametres	Клас параметрів експерименту
CSVProductsForm	Форма заповнення товарів з CSV-файлу
ManualProductsForm	Форма заповнення товарів вручну
AddProductForm	Форма додавання товарів
Category	Клас категорій покупців та товарів
Product	Клас товарів
ResultForm	Форма звітної інформації по супермаркету в цілому та по відділах
Result	Клас формування результатів експерименту
DemandForecastingForm	Форма звітної інформації про прогнозовані значення попиту

3.2.2 Діаграма послідовності

Діаграма послідовності, що зображена на рисунку 3.2, ілюструє взаємодію клієнтської та серверної частини розробленого програмного забезпечення. В узагальненій формі можна сказати, що клієнт посилає на сервер запити кількох типів:

- при авторизації повертається один рядок даних з роллю вказаного користувача або жодного рядка, якщо пара логін та пароль не знайдені;
- при створенні рядка (додаванні нових користувачів, співробітників супермаркету, даних про супермаркет, нових відділів, нових експериментів, товарів), користувач отримує довідкові дані, наприклад, дані списків, що випадають, вносить дані, передає їх на сервер та отримує результат збереження;
- при редагуванні даних (редагуванні списку користувачів, співробітників супермаркету, даних про супермаркет, відділів, шляхів між відділами та шляхів до виходу, місць розташування кас, експериментів, параметрів експериментів, товарів) користувач отримує попередні дані, змінює їх, передає на сервер та отримує оновлений результат;
- при видаленні рядка (видаленні користувачів, співробітників супермаркету, даних про супермаркет, відділів, шляхів між відділами та шляхів до виходу, місць розташування кас, експериментів, товарів) користувач спочатку обирає його в отриманому переліку, посилає запит видалення на сервер та отримує результат після видалення;
- при формуванні звітів про проведені експерименти та про прогнозовані значення попиту користувач передає на сервер параметри звіту та отримує результат.

Діаграма послідовності

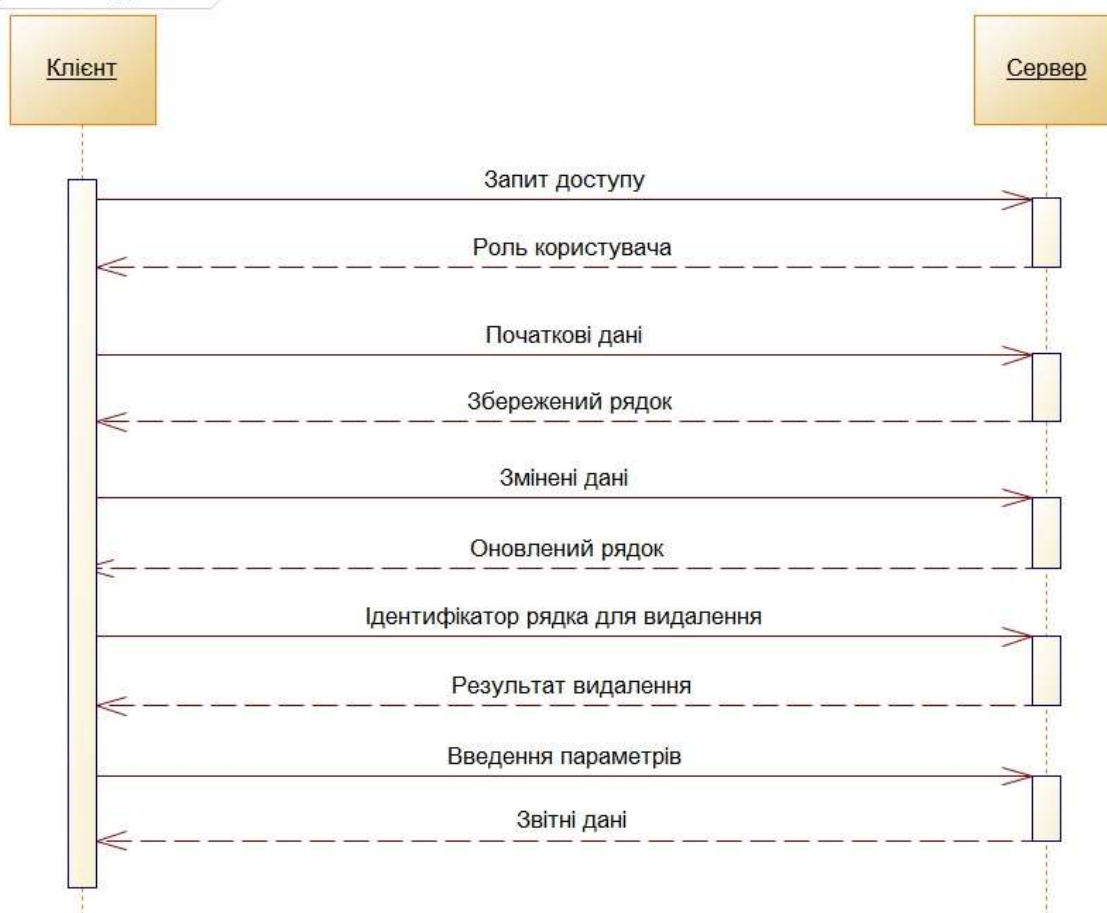


Рисунок 3.2 – Схема структурна послідовності

3.2.3 Діаграма компонентів

На рисунку 3.3 наведено діаграму компонентів. В укрупненому вигляді компонентів всього три: система керування базами даних (СКБД), драйвер ODBC та клієнтська програма.

При більш детальному розгляді в СКБД використовується БД DepartmentStore, а клієнтська програма складається з двадцяти двох класів, що забезпечують візуальний інтерфейс користувача.

Класи клієнтської програми на рисунку 3.3 ті самі, що уже описані в пункті 3.2.1: LoginForm, StartForm, AboutForm, DepartmentsForm, ExperimentForm, DemandForecastingForm, StoresForm, UsersForm, EmployeesForm, ExperimentParametresForm, ResultForm, DB, ManualProductsForm, CSVProductsForm, Department, Experiment, Category, Store, AddProductForm, Product, ExperimentParametres, Result.

Клієнтська програма, в залежності від вибору користувача, використовує ті чи інші класи додатку. Можлива ситуація, коли деякі класи не використовуються взагалі. Наприклад, класи UsersForm, StoresForm має право використовувати лише користувач, що має роль адміністратора.

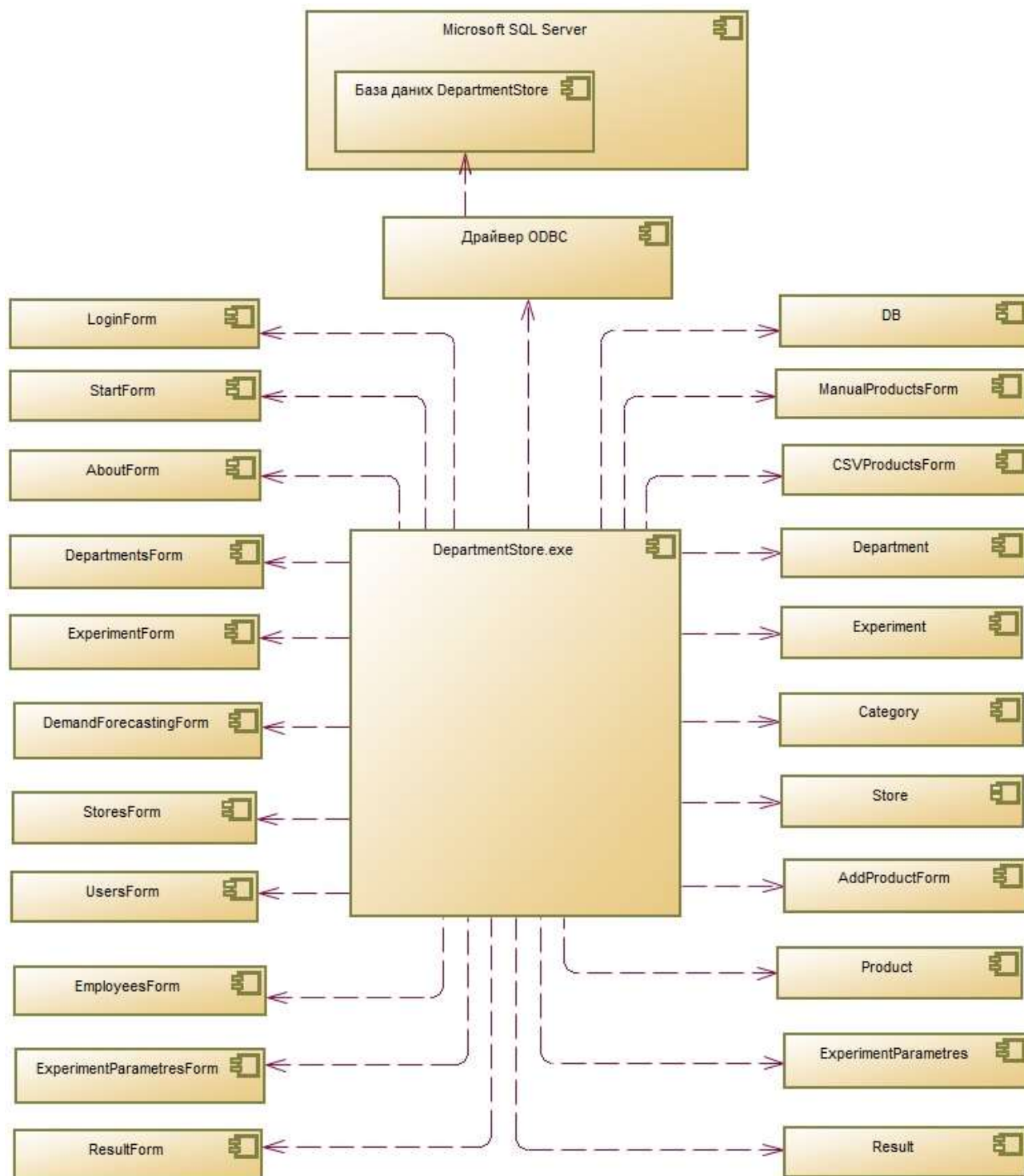


Рисунок 3.3 – Схема структурна компонентів

3.3 Інструкція користувача

Для входу в систему необхідно авторизуватися. При спробі входу відкривається вікно авторизації, показане на рисунку 3.4. Неавторизовані користувачі не можуть увійти в програму.

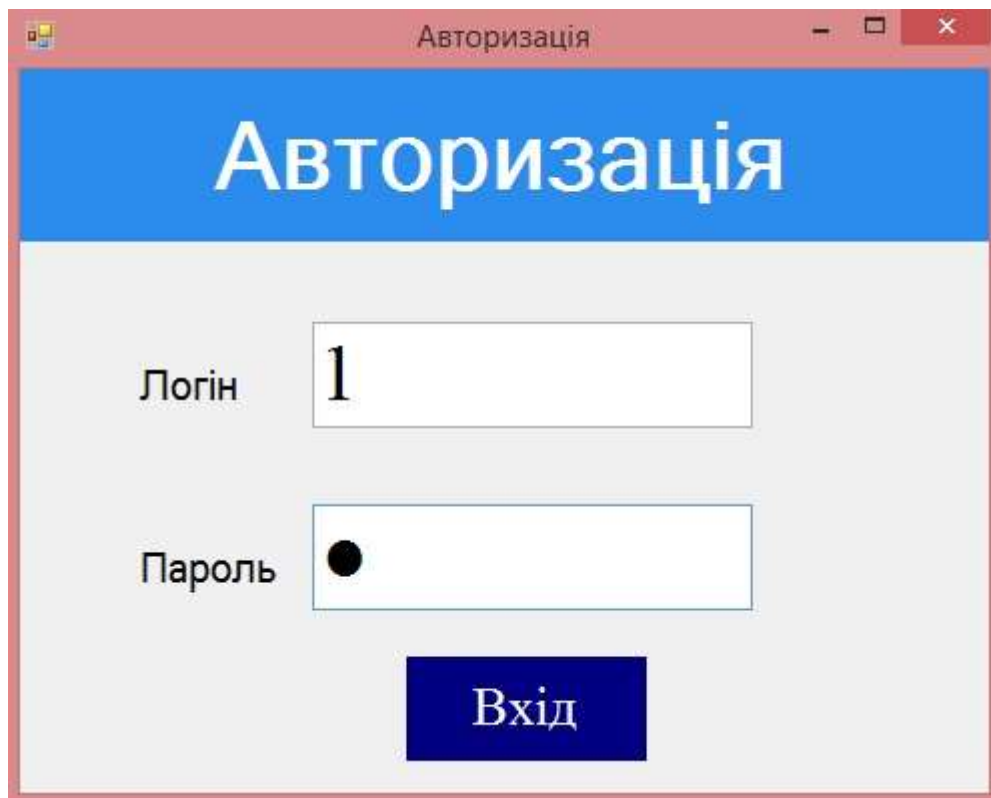


Рисунок 3.4 – Вікно авторизації

У випадку успішної авторизації виводяться вікна з повідомленнями про ПІБ та роль користувача (рисунок 3.5), отримані з бази даних, а не логін, введений в форму авторизації.

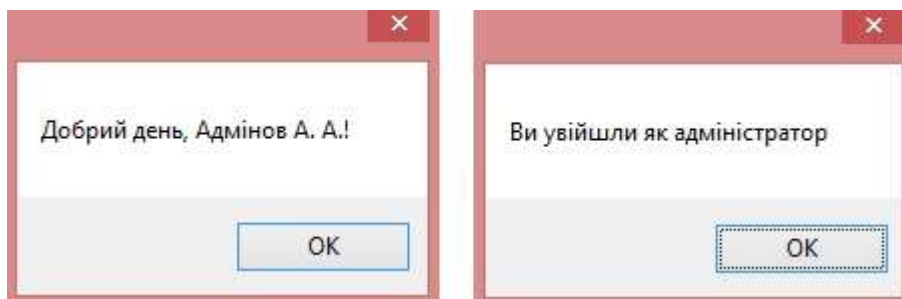


Рисунок 3.5 – Вікна повідомлення про вхід в систему

Головне вікно показане на рисунку 3.6 для користувача, що має роль адміністратора. У інших користувачів деякі кнопки та пункти меню недоступні, в залежності від їх ролей.



Рисунок 3.6 – Головне вікно програми

Вікно управління користувачами показане на рисунку 3.7. В ньому роль та супермаркет можна обрати з випадних списків. Список ролей користувач не може редагувати і не може змінити права кожної ролі.

	Логін	ПІБ	Дата початку	Дата кінця	Роль	Супермаркет
▶	1	Адмінов А. А.	2020-01-01	2099-12-31	Адміністратор програми	Умовний магазин
	2	Менеджеров М. М.	2020-01-01	2099-12-31	Менеджер магазину	АТБ
	3	Аналітиков А. А.	2020-01-01	2099-12-31	Аналітик магазину	Сільпо
*						

Введіть новий пароль

Введіть новий пароль повторно

☐ Зберегти пароль

Додати користувача

Видалити користувача

Зберегти зміни

Рисунок 3.7 – Вікно управління користувачами

Користувач за потреби може змінити пароль на новий. Для цього внизу є відповідні поля. Якщо пароль і його повтор не співпадають, збереження не відбувається, виводиться повідомлення, зображене на рисунку 3.8.

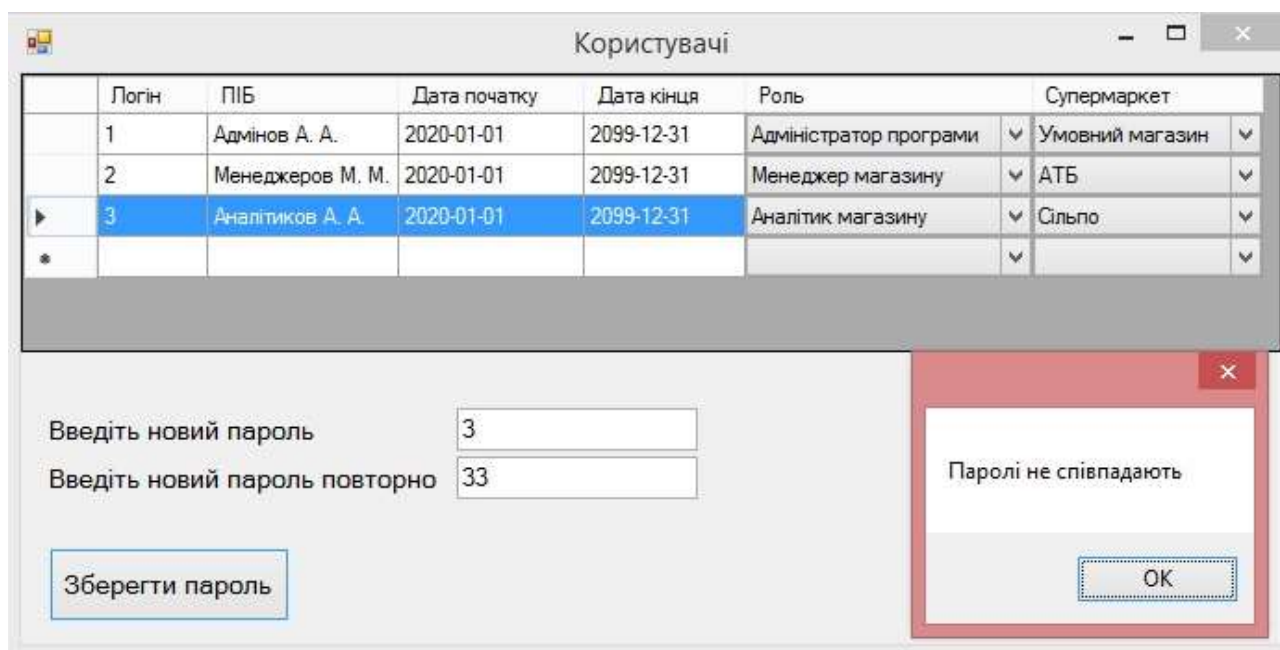


Рисунок 3.8 – Повідомлення про помилку введення пароля

При успішній зміні пароля також виводиться повідомлення (рисунок 3.9).

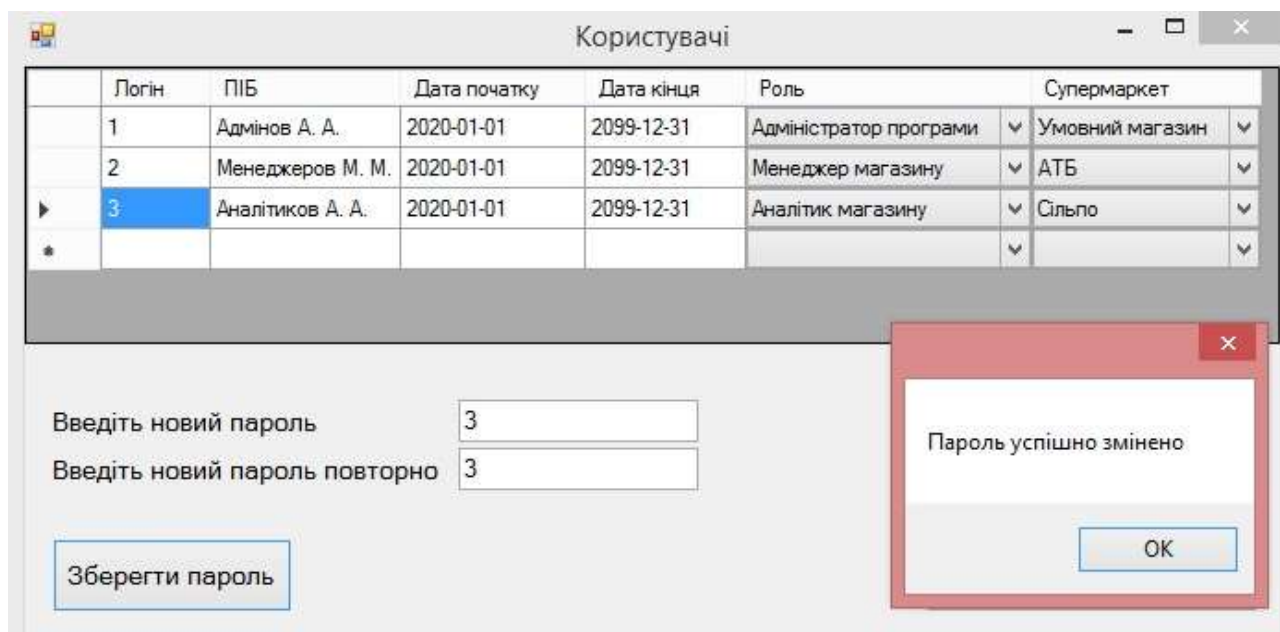


Рисунок 3.9 – Повідомлення про успішну зміну пароля

Вікно управління співробітниками супермаркету показано на рисунку 3.10. В ньому роль та супермаркет можна обрати з випадних списків. Список ролей користувач не може редагувати і не може змінити права кожної ролі. Користувач

може додавати співробітників лише до того супермаркету, в якому він сам працює. Зміна пароля за потреби відбувається аналогічно зміні пароля у вікні управління користувачами.

	Логін	ПІБ	Дата початку	Дата кінця	Роль	Супермаркет
▶	2	Менеджеров М. М.	2020-01-01	2099-12-31	Менеджер магазину	АТБ
*						

Введіть новий пароль

Введіть новий пароль повторно

Зберегти пароль

Додати співробітника

Видалити співробітника

Зберегти зміни

Рисунок 3.10 – Вікно управління співробітниками

Вікно редагування супермаркетів показане на рисунку 3.11.

	Назва супермаркету
▶	Умовний магазин
	АТБ
	Сільпо
	Ашан
	Фора
*	

Додати супермаркет

Видалити супермаркет

Зберегти зміни

Рисунок 3.11 – Вікно редагування супермаркетів

Вікна редагування відділів показані на рисунках 3.12 та 3.13. Заповнивши поля кількості рядків та стовпців, можна змінити кількість відділів.

Змінюючи стан прапорця «Тільки шляхи до виходу», можна побачити схему всіх можливих шляхів між відділами (рисунок 3.12) або шляхів до виходу (рисунок 3.13).

За допомогою миші на схемі можна редагувати можливість проходження між відділами (за допомогою лівої кнопки миші – створення шляху, за допомогою правої – видалення шляху). Після внесення змін таблиця оновлюється автоматично.

Змінюючи стан прапорця «Вихід» в таблиці, можна редагувати місця розташування кас (відповідні рядки зафарбовуються зеленим кольором).

Редагування відділів

Кількість рядків: Кількість стовпців: ☐ Тільки шляхи до виходу

Овочі та фрукти	М'ясо	Офісні товари	
Сири	Риба	Все для краси	
Ковбасні вироби	Алкогільні напої	Побутова хімія	

	Назва відділу	Стовпчик	Рядок	Всі шляхи	Шляхи до виходу	Вихід
	М'ясо	2	1	1,4,5	4,5	<input type="checkbox"/>
	Риба	2	2	2,3,6,8	3,6,8	<input type="checkbox"/>
	Алкогільні напої	2	3	4,7,9	4,9	<input type="checkbox"/>
	Офісні товари	3	1	3,6	5,6	<input checked="" type="checkbox"/>
	Все для краси	3	2	4,5,9	5,6,9	<input checked="" type="checkbox"/>
	Побутова хімія	3	3	6,8	6,9	<input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 3.12 – Вікно редагування відділів зі схемою усіх шляхів між відділами

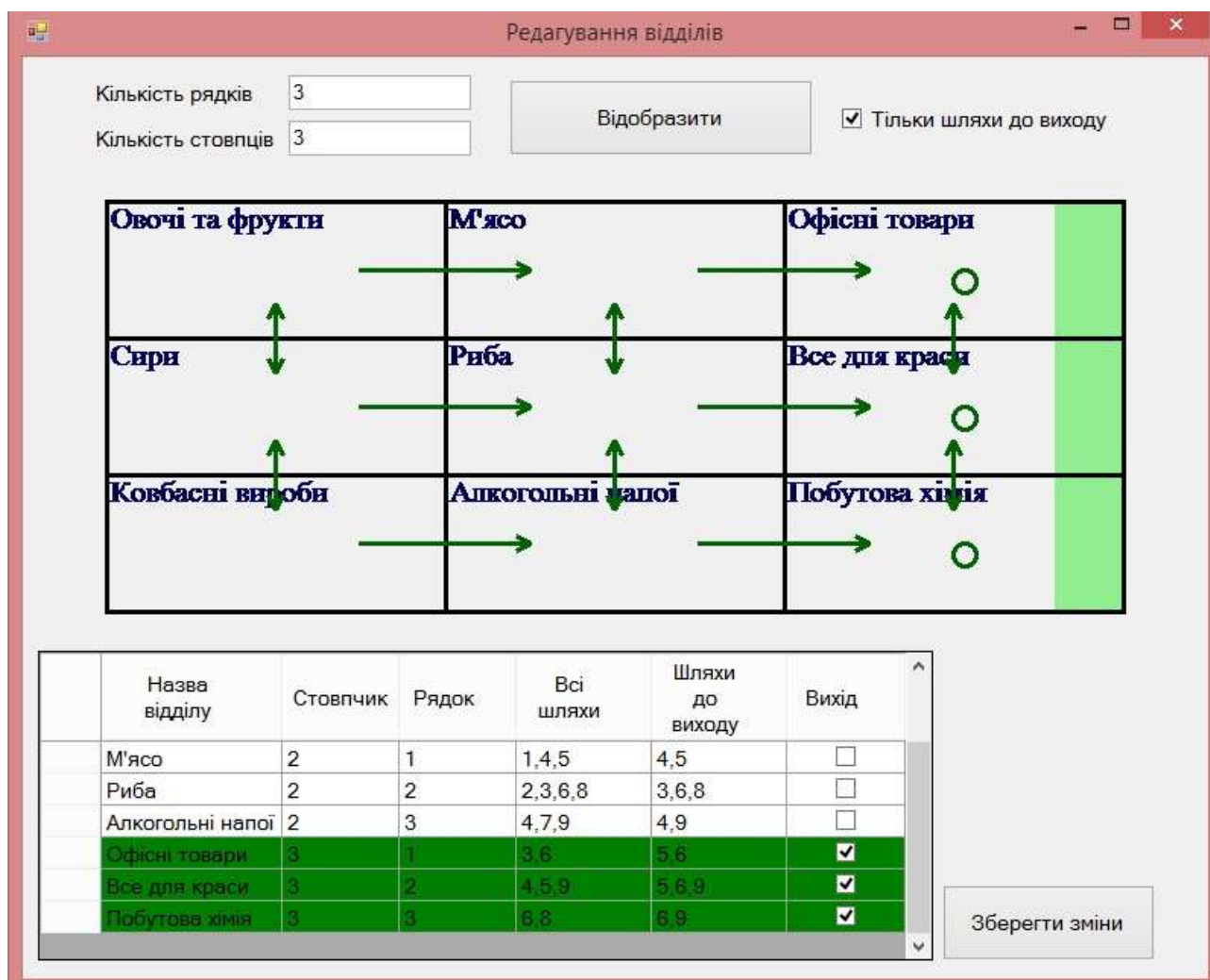


Рисунок 3.13 – Вікно редагування відділів зі схемою шляхів до виходу

Вікно проведення експериментів, показане на рисунку 3.14., надає можливість створювати, редагувати та видаляти експерименти, задавати необхідну кількість ітерацій.

Для успішного проведення експерименту необхідно ввести необхідні параметри експерименту (рисунок 3.15), заповнити таблицю з товарами (рисунки 3.16-3.21) та натиснути кнопку «Розпочати експеримент» (рисунок 3.22).

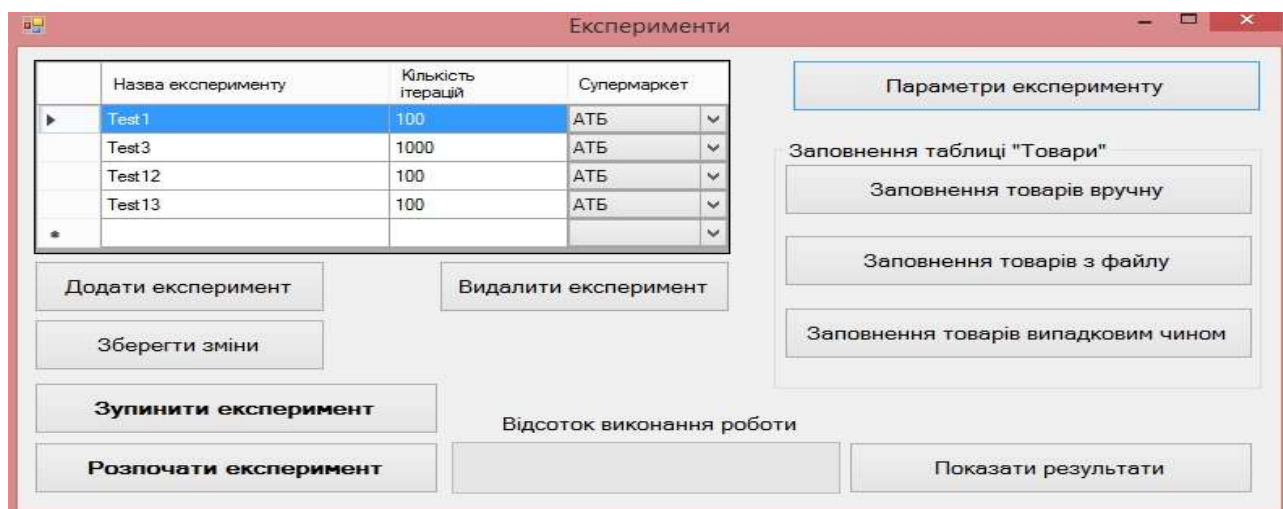


Рисунок 3.14 – Вікно проведення експериментів

Вікно редагування параметрів експерименту показане на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Вікно редагування параметрів експерименту

Після введення параметрів експерименту необхідно заповнити таблицю з товарами. В програмі це можна зробити або вручну, або зчитавши дані з CSV-файлу, або випадковим чином.

Вікно заповнення товарів вручну, показане на рисунку 3.16, дозволяє переглядати як усі товари, так і товари за відділами.

Заповнення товарів вручну

Назва товару	Артикул	Обсяг товару	Закупівельна ціна	Продажна ціна	Знижка	Ймовірність покупки	Категорія
Товар49	3 1 0	кг	20,00	20,40	0,00	0,07	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар50	3 1 1	кг	48,00	48,96	3,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар51	3 1 2	кг	93,00	94,86	41,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар52	3 1 3	кг	36,00	36,72	0,00	0,03	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар53	3 1 4	кг	28,00	28,56	14,00	0,02	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар54	3 1 5	кг	26,00	26,52	0,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар55	3 1 6	кг	73,00	74,46	48,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар56	3 1 7	кг	46,00	46,92	0,00	0,02	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар57	3 1 8	кг	28,00	28,56	0,00	0,07	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар58	3 1 9	кг	57,00	58,14	35,00	0,05	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар59	3 1 10	кг	49,00	49,98	21,00	0,05	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар60	3 1 11	кг	0,00	0,00	43,00	0,03	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар61	3 1 12	кг	58,00	59,16	0,00	0,08	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар62	3 1 13	кг	16,00	16,32	0,00	0,05	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар63	3 1 14	кг	79,00	80,58	0,00	0,04	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар64	3 1 15	кг	72,00	73,44	0,00	0,07	Дуже бідний - товар Дешевий

Овочі та фрукти
Сири
М'ясо
Риба
Офісні товари
Все для краси
Ковбасні вироби
Алкогільні напої
Побутова хімія

Додати товар
Видалити товар
Зберегти в БД

Переглянути всі товари

Рисунок 3.16 – Вікно заповнення товарів вручну

При спробі додати товар, коли не обрано відділ, виводиться повідомлення, зображене на рисунку 3.17.

Заповнення товарів вручну

Назва товару	Артикул	Обсяг товару	Закупівельна ціна	Продажна ціна	Знижка	Ймовірність покупки	Категорія
Товар49	3 1 0	кг	20,00	20,40	0,00	0,07	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар50	3 1 1	кг	48,00	48,96	3,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар51	3 1 2	кг	93,00	94,86	41,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар52	3 1 3	кг	36,00	36,72	0,00	0,03	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар53	3 1 4	кг	28,00	28,56	14,00	0,02	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар54	3 1 5	кг	26,00	26,52	0,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар55	3 1 6	кг	73,00	74,46	48,00	0,01	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар56	3 1 7	кг	46,00	46,92	0,00	0,02	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар57	3 1 8	кг	28,00	28,56	0,00	0,07	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар58	3 1 9	кг	57,00	58,14	35,00	0,05	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар59	3 1 10	кг	49,00	49,98	21,00	0,05	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар60	3 1 11	кг	0,00	0,00	43,00	0,03	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар61	3 1 12	кг	58,00	59,16	0,00	0,08	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар62	3 1 13	кг	16,00	16,32	0,00	0,05	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар63	3 1 14	кг	79,00	80,58	0,00	0,04	Дуже бідний - товар Дешевий
Товар64	3 1 15	кг	72,00	73,44	0,00	0,07	Дуже бідний - товар Дешевий

Овочі та фрукти
Сири
М'ясо
Риба
Офісні товари
Все для краси
Ковбасні вироби
Алкогільні напої
Побутова хімія

Додати товар
Видалити товар
Зберегти в БД

Оберіть відділ
OK

Переглянути всі товари

Рисунок 3.17 – Повідомлення про необхідність вибору відділу

Обравши необхідний відділ, відкривається вікно додавання нового товару, показане на рисунку 3.18.

Додати товар

Назва товару: Товар10050

Артикул: 3 4 2500

Обсяг товару: л

Закупівельна ціна: 128.95

Продажна ціна: 135.95

Знижка: 10

Ймовірність покупки: 0.8

Категорія: Багатий - товар Елітний

OK Відмінити

Рисунок 3.18 – Вікно додавання нового товару

У випадку успішного додавання нового товару таблиця оновлюється, а доданий товар міститься в потрібному відділі (рисунок 3.19).

Заповнення товарів вручну

Назва товару	Артикул	Обсяг товару	Закупівельна ціна	Продажна ціна	Знижка	Ймовірність покупки	Категорія
Товар9929	3 4 2380	кг	8.00	8.16	32.00	0.04	Багатий - товар Елітний
Товар9938	3 4 2389	кг	291.00	296.82	28.00	0.08	Багатий - товар Елітний
Товар9947	3 4 2398	кг	78.00	79.56	0.00	0.01	Багатий - товар Елітний
Товар9956	3 4 2407	кг	295.00	300.90	14.00	0.06	Багатий - товар Елітний
Товар9965	3 4 2416	кг	215.00	219.30	0.00	0.05	Багатий - товар Елітний
Товар9974	3 4 2425	кг	289.00	294.78	11.00	0.02	Багатий - товар Елітний
Товар9983	3 4 2434	кг	384.00	391.68	0.00	0.08	Багатий - товар Елітний
Товар9992	3 4 2443	кг	313.00	319.26	0.00	0.02	Багатий - товар Елітний
Товар10001	3 4 2452	кг	21.00	21.42	10.00	0.06	Багатий - товар Елітний
Товар10010	3 4 2461	кг	235.00	239.70	0.00	0.01	Багатий - товар Елітний
Товар10019	3 4 2470	кг	123.00	125.46	4.00	0.09	Багатий - товар Елітний
Товар10028	3 4 2479	кг	254.00	259.08	0.00	0.06	Багатий - товар Елітний
Товар10037	3 4 2488	кг	389.00	396.78	26.00	0.07	Багатий - товар Елітний
Товар10046	3 4 2497	кг	377.00	384.54	8.00	0.05	Багатий - товар Елітний
Товар10050	3 4 2500	л	128.95	135.95	10.00	0.80	Багатий - товар Елітний

Овочі та фрукти
Сири
М'ясо
Риба
Офісні товари
Все для краси
Ковбасні вироби
Алкогольні напої
Побутова хімія

Додати товар

Виділити товар

Зберегти в БД

Переглянути всі товари

Рисунок 3.19 – Перегляд доданого товару серед товарів даного відділу

При заповненні товарів з файлу відкривається стандартний діалог відкриття файлу, показаний на рисунку 3.20.

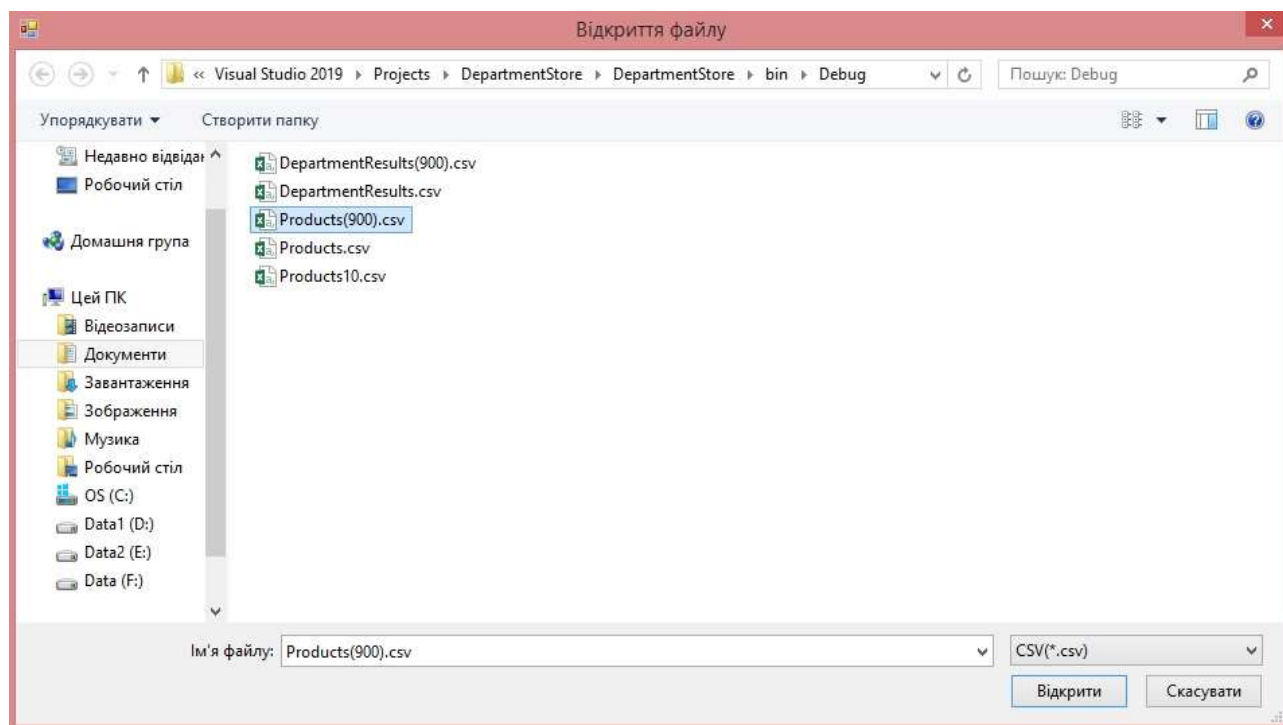


Рисунок 3.20 – Вікно вибору файлу з даними про товари

Вміст файлу можна побачити у вікні заповнення товарів з файлу в таблиці (рисунок 3.21).

№	Назва	Артикул	Обсяг товару	Закупівельна ціна	Продажна ціна	Знижка	Ймовірність пошкодження	Категорія	Відділ
1	Товар	12 1 0	кг	35.00	35.70	0.00	0.04	1	Овочі та фрукти
2	Товар	12 1 1	кг	88.00	89.76	0.00	0.02	1	Сир
3	Товар	12 1 2	кг	68.00	69.36	0.00	0.09	1	М'ясо
4	Товар	12 1 3	кг	44.00	44.88	0.00	0.06	1	Риба
5	Товар	12 1 4	кг	89.00	90.78	0.00	0.03	1	Овочі та фрукти
6	Товар	12 1 5	кг	43.00	43.86	0.00	0.03	1	Вся для краси
7	Товар	12 1 6	кг	59.00	60.58	0.00	0.08	1	Ковбасні вироби
8	Товар	12 1 7	кг	45.00	45.90	0.00	0.06	1	Алкогольні напої
9	Товар	12 1 8	кг	63.00	64.65	0.00	0.07	1	Побутова хімія
10	Товар	12 1 9	кг	40.00	40.80	0.00	0.03	1	Овочі та фрукти
11	Товар	12 1 10	кг	59.00	60.58	0.00	0.08	1	Сир

Рисунок 3.21 – Вікно заповнення товарів з файлу

В разі успішного проведення експерименту виводиться повідомлення, зображене на рисунку 3.22.

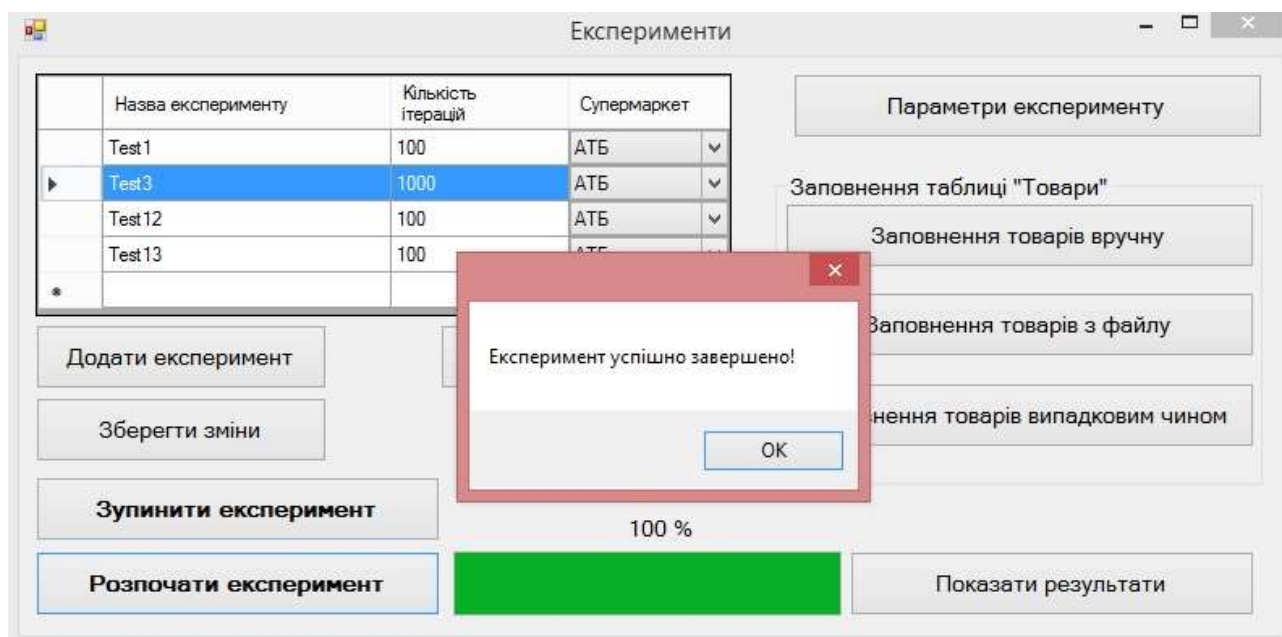


Рисунок 3.22 – Повідомлення про успішне завершення експерименту

Після завершення експерименту його результати можна переглянути, натиснувши кнопку «Показати результати».

Вікна результатів експерименту, що містять звітну інформацію в табличному та графічному виглядах як по супермаркету в цілому, так і по відділах, показані на рисунках 3.23-3.25.

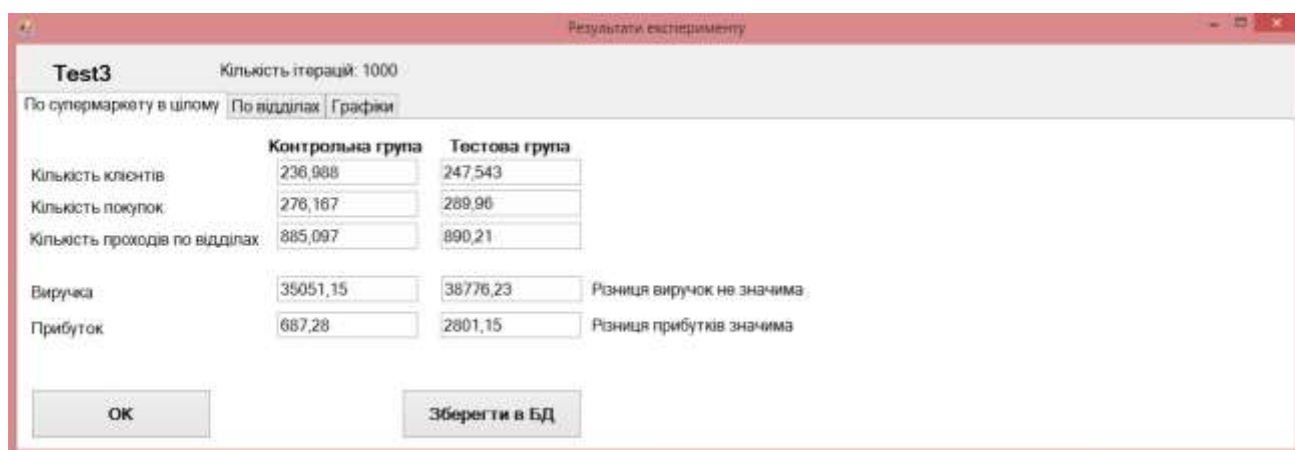


Рисунок 3.23 – Вікно результатів експерименту по супермаркету в цілому

Результати експерименту

Test3 Кількість ітерацій: 1000

По супермаркету в цілому По відділах Графіки

Назва відділу	Кількість товарів	Кількість клієнтів, які пройшли (КГ)	Кількість клієнтів, що купили (КГ)	Кількість придбаних товарів (КГ)	Кількість клієнтів, які пройшли (ТГ)	Кількість клієнтів, що купили (ТГ)	Кількість придбаних товарів (ТГ)	Виручка (КГ)	Прибуток (КГ)	Виручка (ТГ)	Прибуток (ТГ)	Різниця виручок значима	Різниця прибутків значима
Овочі та фрукти	1112	201,214	55,383	64,848	202,011	57,291	67,399	7895,12	154,81	8517,39	544,93	✓	✓
Сири	1112	172,542	45,425	52,666	174,097	47,314	55,166	6725,59	131,87	7398,51	534,85	✓	✓
М'ясо	1112	132,192	35,381	41,12	132,617	37,298	43,731	5211,4	102,18	5903,01	487,28	✓	✓
Риба	1112	125,817	33,52	39,029	126,296	35,134	41,117	4944,39	96,95	5475,76	392,19	✓	✓
Офисні товари	1112	44,133	11,892	13,887	44,171	12,367	14,43	1730,59	33,93	1916,21	133,82	✓	✓
Все для краси	1112	31,699	8,083	9,378	31,556	8,402	9,745	1215,9	23,84	1306,93	104,56	✓	✓

Зберегти в файл

Рисунок 3.24 – Вікно результатів експерименту по відділах в табличній формі

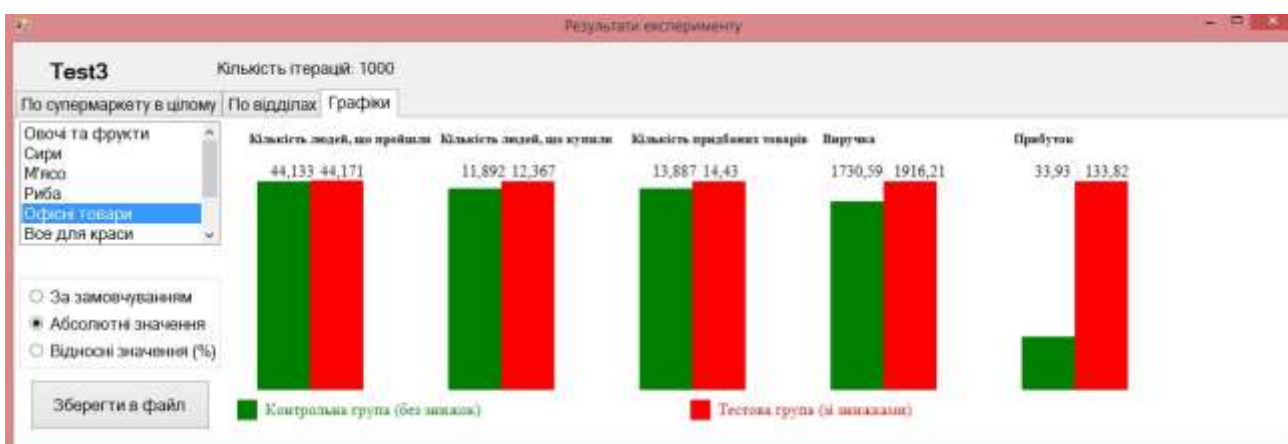


Рисунок 3.25 – Вікно результатів експерименту по відділах в графічній формі

Етапи процесу прогнозування попиту:

- навчання мережі (рисунок 3.26);
- розрахунок прогнозованих значень попиту;
- відображення результатів користувачеві (рисунки 3.27-3.29).

Необхідно визначитися з точним набором вхідних величин, які впливають на результати попиту на товари супермаркету, до складу якого у даній роботі запропоновано наступні:

- 1) загальна кількість видів товарів супермаркету, запланована для реалізації у даному періоді, шт.;
- 2) кількість кас, наявних на виході з торговельної зали, шт.;
- 3) кількість висотних будинків (5 і більше поверхів), наявних поруч із супермаркетом у кроковій доступності, тобто у радіусі 1 км, шт.;

- 4) загальні заплановані витрати на закупку контрольованих видів товарів у даному періоді, грн.;
- 5) площа торгової зали магазину, м²;
- 6) відстань до найближчого постійно діючого транспортного вузла, хабу (станції метро, зупинки громадського транспорту, вокзалу тощо), м;
- 7) відстань до іншого найближчого супермаркету, м;
- 8) номер місяця року, ціле число від 1 до 12 включно (необхідно враховувати, оскільки споживання значного числа товарів залежить від пори року);
- 9) затрати на рекламу у періоді, попередньому до того, для якого ведеться прогнозування, грн.;
- 10) освітленість у торговельній залі, лк.

У тих показниках, що залежать від обраного періоду (1, 4, 9), за замовчуванням тривалість періоду вважається рівною одному календарному місяцю.

У вікні прогнозування попиту реалізуємо 10 текстових рядків з відповідними підписами. Окремо розташовуємо кнопки «Навчити мережу» та «Розрахувати». Результатом прогнозування є невеликий набір чисел (з 5 прогнозованих позицій), відображений у вигляді випадного списку.

Прогнозування попиту

Введення вхідних даних для прогнозованого періоду:

Загальна кількість видів товарів супермаркету, шт.	<input type="text"/>	Відстань до найближчого транспортного хабу, м	<input type="text"/>
Кількість кас, шт.	<input type="text"/>	Найменша відстань до іншого супермаркету, м	<input type="text"/>
Кількість висотних будинків в радіусі 1км, шт.	<input type="text"/>	Місяць року (1-12)	<input type="text"/>
Усі затрати на закупку прогнозованих видів товарів, грн.	<input type="text"/>	Затрати на рекламу, грн.	<input type="text"/>
Площа торгової зали, кв.м	<input type="text"/>	Освітленість у торговельній залі, лк.	<input type="text"/>

Дата-сет:

Період:

Вид товару:

Продано в середньому товару, грн.:

Зроблено ітерацій: 7054
Максимальна похибка: 0,071

Аналіз результатів

Прогноз попиту

Вид товару:

Ваги синapsів:

Прогнозоване значення попиту:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.561838834...	-14.3086566...	-11.4902571...	-177.301141...	10.05405325...	-8.07432661...	9.639398537...	3.441211226...	-24.7798918...	-2.76076723...
2	123.2364146...	-70.0747949...	-64.1419790...	-185.748974...	100.5848419...	-41.7905106...	13.67376236...	-223.021037...	-206.510477...	112.3166589...
3	-5.63564413...	-47.6523795...	-34.3363614...	-131.389243...	-13.29623198...	-26.6365830...	-24.2443984...	-16.4722070...	-54.0160529...	27.67180924...
4	12.27701330...	44.53154058...	32.65460769...	-254.953048...	29.29667006...	23.81470904...	0.015482028...	2.068176945...	-92.0727010...	-16.0633617...
5	21.65460184...	12.29725069...	13.23971516...	-9.21024503...	21.73930265...	4.493686060...	12.00137686...	97.23021811...	-9.71480238...	16.24475206...
6	-109.106965...	131.3885246...	137.2942129...	-195.267408...	-63.85590841...	63.58538729...	-8.33769071...	311.2638289...	-21.7801700...	-184.023455...
7	3.193086745...	-22.8843440...	34.45393043...	-161.239383...	-9.204745326...	-34.2986767...	-13.5652718...	-4.77340158...	-30.9726440...	26.96767734...
8	-44.9391462...	-55.5845703...	-66.8444932...	-149.120800...	-25.30420272...	-18.9052220...	-34.1732286...	47.71874212...	-120.285379...	-1.85837785...
9	-10.4869909...	-46.8541058...	-41.3027512...	-136.082384...	-13.44752498...	-22.4891820...	-32.6214439...	-10.3204162...	-69.8883942...	27.71389437...
10	6.150875495...	-24.0748522...	4.635877612...	-179.665814...	2.044246569...	-23.0365507...	15.36702534...	6.022188920...	27.42226490...	-3.24288954...

Рисунок 3.26 – Навчання мережі

У верхній правій частині вікна також передбачено перегляд основної інформації про дата-сет, зокрема середнього за місяць року числа проданих одиниць контрольованих товарів (дата-сет містить дані по повних роках).

Прогнозування попиту

Введення вхідних даних для прогнозованого періоду

Загальна кількість видів товарів супермаркету, шт. 10000

Відстань до найближчого транспортного хабу, м 300

Кількість кас, шт. 10

Найменша відстань до іншого супермаркету, м 150

Кількість висотних будинків в радіусі 1км, шт. 10

Місяць року (1-12) 12

Усі затрати на закупку прогнозованих видів товарів, грн. 1000

Затрати на рекламу, грн. 1000

Площа торгової зали, кв.м 500

Освітленість у торговій залі, люкс 450

Дата-сет

Період Грудень

Вид товару Хліб

Продано в середньому товару, грн. 7947

Очистити

Навчати мережу Розрахувати

Зроблено ітерацій: 7064
Максимальна похибка: 0,071

Аналіз результатів

Прогноз попиту

Виберіть товар у списку внизу

Вид товару Хліб

Ваги синапсів Input

7941

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-71,3626290...	11,45042263...	-25,8365383...	-35,4266755...	-26,8565261...	23,31995160...	-0,01922712...	272,8113335...	-6,08141544...	-90,8314983...	
2	-10,5515193...	-38,8966509...	-8,77092973...	-49,9941014...	-22,4750421...	-29,7958941...	7,018781219...	8,004574180...	-57,2303655...	13,88698711...	
3	4,852511632...	-15,3471972...	-26,7110119...	-69,4331029...	5,398858682...	-2,79724882...	17,14696410...	-26,2325900...	-78,9369390...	22,53192176...	
4	6,555816118...	-26,0387522...	-43,7114232...	-78,9769994...	4,177686229...	-5,22334804...	-4,64381347...	-26,8601898...	-92,5944408...	36,57829981...	
5	-2,60425527...	-34,1309365...	18,01343253...	-14,6306612...	-26,9428073...	-35,9377478...	-6,27596016...	56,08867016...	-27,0892501...	6,866639460...	
6	9,345210510...	-31,8588981...	-45,9586357...	-83,0926443...	4,450741389...	-8,75357231...	-11,6960668...	-29,9693436...	-99,2283957...	45,23151027...	
7	24,83650667...	7,755105579...	-8,67507512...	-24,4838726...	22,29837011...	9,406103864...	8,101595656...	-60,8157164...	-31,9974657...	24,38015477...	
8	-12,1950580...	-32,6802092...	-24,5539802...	-54,5474284...	-14,5402878...	-17,6139425...	2,811864526...	-0,60942653...	-66,5086346...	11,63206371...	
9	23,60490579...	-14,9563213...	22,81895870...	-26,9301069...	1,744268972...	-22,6937925...	12,53104671...	-15,7125988...	-32,5026261...	39,52584583...	
10	-11,0404412...	-31,8894210...	-22,3483118...	-54,0392580...	-15,0565982...	-17,4651111...	5,026162544...	0,085706263...	-63,8817903...	10,64484286...	

Рисунок 3.27 – Вікно результатів прогнозу попиту на хліб

Прогнозування попиту

Введення вхідних даних для прогнозованого періоду

Загальна кількість видів товарів супермаркету, шт. 10000

Відстань до найближчого транспортного хабу, м 300

Кількість кас, шт. 10

Найменша відстань до іншого супермаркету, м 150

Кількість висотних будинків в радіусі 1км, шт. 10

Місяць року (1-12) 12

Усі затрати на закупку прогнозованих видів товарів, грн. 1000

Затрати на рекламу, грн. 1000

Площа торгової зали, кв.м 500

Освітленість у торговій залі, люкс 450

Дата-сет

Період Грудень

Вид товару Молоко

Продано в середньому товару, грн. 16386

Очистити

Навчати мережу Розрахувати

Зроблено ітерацій: 7064
Максимальна похибка: 0,071

Аналіз результатів

Прогноз попиту

Виберіть товар у списку внизу

Вид товару Молоко

Ваги синапсів Input

15162

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-71,3626290...	11,45042263...	-25,8365383...	-35,4266755...	-26,8565261...	23,31995160...	-0,01922712...	272,8113335...	-6,08141544...	-90,8314983...	
2	-10,5515193...	-38,8966509...	-8,77092973...	-49,9941014...	-22,4750421...	-29,7958941...	7,018781219...	8,004574180...	-57,2303655...	13,88698711...	
3	4,852511632...	-15,3471972...	-26,7110119...	-69,4331029...	5,398858682...	-2,79724882...	17,14696410...	-26,2325900...	-78,9369390...	22,53192176...	
4	6,555816118...	-26,0387522...	-43,7114232...	-78,9769994...	4,177686229...	-5,22334804...	-4,64381347...	-26,8601898...	-92,5944408...	36,57829981...	
5	-2,60425527...	-34,1309365...	18,01343253...	-14,6306612...	-26,9428073...	-35,9377478...	-6,27596016...	56,08867016...	-27,0892501...	6,866639460...	
6	9,345210510...	-31,8588981...	-45,9586357...	-83,0926443...	4,450741389...	-8,75357231...	-11,6960668...	-29,9693436...	-99,2283957...	45,23151027...	
7	24,83650667...	7,755105579...	-8,67507512...	-24,4838726...	22,29837011...	9,406103864...	8,101595656...	-60,8157164...	-31,9974657...	24,38015477...	
8	-12,1950580...	-32,6802092...	-24,5539802...	-54,5474284...	-14,5402878...	-17,6139425...	2,811864526...	-0,60942653...	-66,5086346...	11,63206371...	
9	23,60490579...	-14,9563213...	22,81895870...	-26,9301069...	1,744268972...	-22,6937925...	12,53104671...	-15,7125988...	-32,5026261...	39,52584583...	
10	-11,0404412...	-31,8894210...	-22,3483118...	-54,0392580...	-15,0565982...	-17,4651111...	5,026162544...	0,085706263...	-63,8817903...	10,64484286...	

Рисунок 3.28 – Вікно результатів прогнозу попиту на молоко

Прогнозування попиту

Введення вхідних даних для прогнозованого періоду

Загальна кількість видів товарів супермаркету, шт.

Кількість кас, шт.

Кількість висотних будинків в радіусі 1км, шт.

Усі затрати на закупку прогнозованих видів товарів, грн.

Площа торгової зали, кв.м

Відстань до найближчого транспортного хабу, м

Найменша відстань до іншого супермаркету, м

Місяць року (1-12)

Затрати на рекламу, грн.

Освітленість у торговій залі, люкс

Дата-сет

Період

Вид товару

Продано в середньому товару, грн.

Зроблено ітерацій: 7064
Максимальна похибка: 0.071

Аналіз результатів

Прогноз попиту

Вид товару **9574**

Ваги синапсів

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		-71.3626290...	11.45042263...	-25.8365383...	-35.4266755...	-26.8565261...	23.31995160...	-0.01922712...	272.8113335...	-6.08141544...	-90.8314983...
2		-10.5515193...	-38.8966509...	-8.77092973...	-49.9941014...	-22.4750421...	-29.7958941...	7.018781219...	8.004574180...	-57.2303655...	13.88698711...
3		4.852511632...	-15.3471972...	-26.7110119...	-69.4331029...	5.398858682...	-2.79724882...	17.14696410...	-26.2325900...	-78.9369390...	22.53192176...
4		6.555816118...	-26.0387522...	-43.7114232...	-78.9769994...	4.177686229...	-5.22334804...	-4.64381347...	-26.8601898...	-92.5944408...	36.57829981...
5		-2.60425527...	-34.1309365...	18.01343253...	-14.6306612...	-26.9428073...	-35.9377478...	-6.27596016...	56.08867016...	-27.0892501...	6.866639460...
6		9.345210510...	-31.8588981...	-45.9586357...	-83.0926443...	4.450741389...	-8.75357231...	-11.6960668...	-29.9693436...	-99.2283957...	45.23151027...
7		24.83650667...	7.755105579...	-8.67507512...	-24.4838726...	22.29837011...	9.406103864...	8.101595656...	-60.8157164...	-31.9974657...	24.38015477...
8		-12.1950580...	-32.6802092...	-24.5539802...	-54.5474284...	-14.5402878...	-17.6139425...	2.811864526...	-0.60942653...	-66.5086346...	11.63206371...
9		23.60490579...	-14.9563213...	22.81895870...	-26.9301069...	1.744268972...	-22.6937925...	12.53104671...	-15.7125988...	-32.5026261...	39.52584583...
10		-11.0404412...	-31.8894210...	-22.3483118...	-54.0392580...	-15.0565982...	-17.4651111...	5.026162544...	0.085706263...	-63.8817903...	10.64484286...

Рисунок 3.29 – Вікно результатів прогнозу попиту на картоплю

Програма має меню, що забезпечує доступ до всіх її функцій, якщо це дозволено роллю користувача. Меню Файл, показане на рисунку 3.30, має єдину команду Вихід – для завершення роботи програми.



Рисунок 3.30 – Меню Файл

Меню Управління, показане на рисунку 3.31, містить усі команди, необхідні для всебічного дослідження попиту.



Рисунок 3.31 – Меню Управління

Меню Допомога, показане на рисунку 3.32, дає інформацію про розроблену програму.



Рисунок 3.32 – Меню Допомога

Інформація про програму, показана на рисунку 3.33, включає назву програми, її призначення, відомості про автора та рік створення.

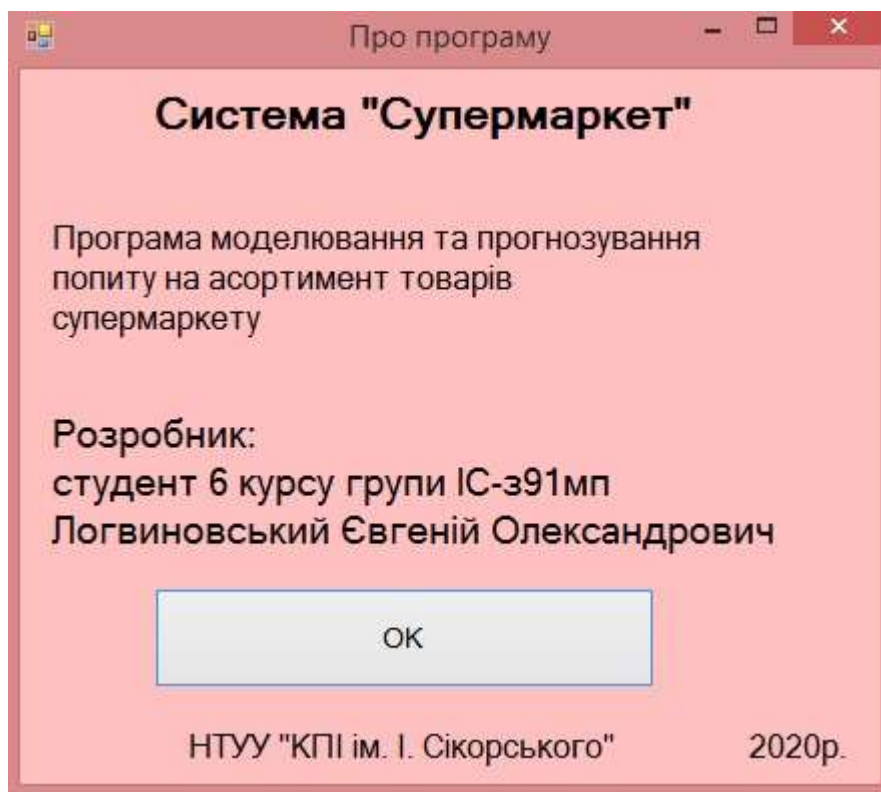


Рисунок 3.33 – Вікно інформації про програму

3.4 Особливості програмної реалізації алгоритму прогнозування попиту

За основу системи прогнозування взято багат шаровий персептрон. Для вказаних цілей цілком достатньо трьох шарів:

- вхідного шару (це умовний шар, для виходів вузлів якого не застосовуються функції активації, він необхідний лише для організації можливості подання вхідних сигналів на усі нейрони прихованого шару);
- прихованого шару;
- вихідного шару.

Розглянемо характеристики цих шарів.

На вхідний шар подаються одновимірні вектори, які формуються на основі набору значень десяти вказаних вище показників роботи супермаркету, власне на основі яких і слід виконувати прогнозування. Кількість нейронів вхідного шару дорівнює кількості вхідних змінних, тобто 10.

Прихований шар для складних задач може містити більшу кількість нейронів, ніж вхідний та вихідний шари. В нашому випадку кількість вхідних змінних рівна 10, а вихідних змінних всього п'ять. Важливу роль у визначенні структури нейронної мережі, а саме кількості нейронів прихованих шарів, грає обсяг навчальної вибірки: чим більшій кількості ситуацій слід навчити мережу, тим більше вона повинна містити нейронів. Однак, у нашому випадку кількість випадків для навчання мережі складає всього лише біля однієї сотні рядків. Така ситуація обумовлена тим, що дата-сети для такої специфічної галузі, як прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету, присутні у відкритому доступі в мережі Інтернет лише у невеликій кількості, причому практично усі вони є різноплановими, тобто надають інформацію за різними вхідними параметрами. Все це унеможливорює побудову єдиної математичної моделі на базі таких різних наборів даних. Кількість нейронів прихованого шару можна не робити великою, а рівною кількості нейронів у вхідному шарі.

Найбільш простим у випадку, що розглядається, є вихідний шар: оскільки прогнозуванню підлягає лише п'ять величин, то і виходів мережі буде п'ять. Отже, кінцеве число шарів у персептроні буде рівним 3 (причому один вхідний шар є, фактично, фіктивним, бо його виходи просто повторюють вхідні сигнали без застосування функції активації), а число нейронів у них буде 10-10-5.

Структура проєктованої нейронної мережі зображена на рисунку 3.34. Кожному зв'язку між нейронами, що показаний на рисунку 3.34, відповідає певна вага, що використовується в розрахунках вихідних сигналів sout . Ваги є надзвичайно важливим поняттям, тому проілюструємо правило, за яким формується індексація ваг у розроблюваній програмі – рисунок 3.35 (перший індекс – номер шару, з якого виходить зв'язок, другий індекс – номер вихідного нейрону, третій – номер кінцевого нейрону).

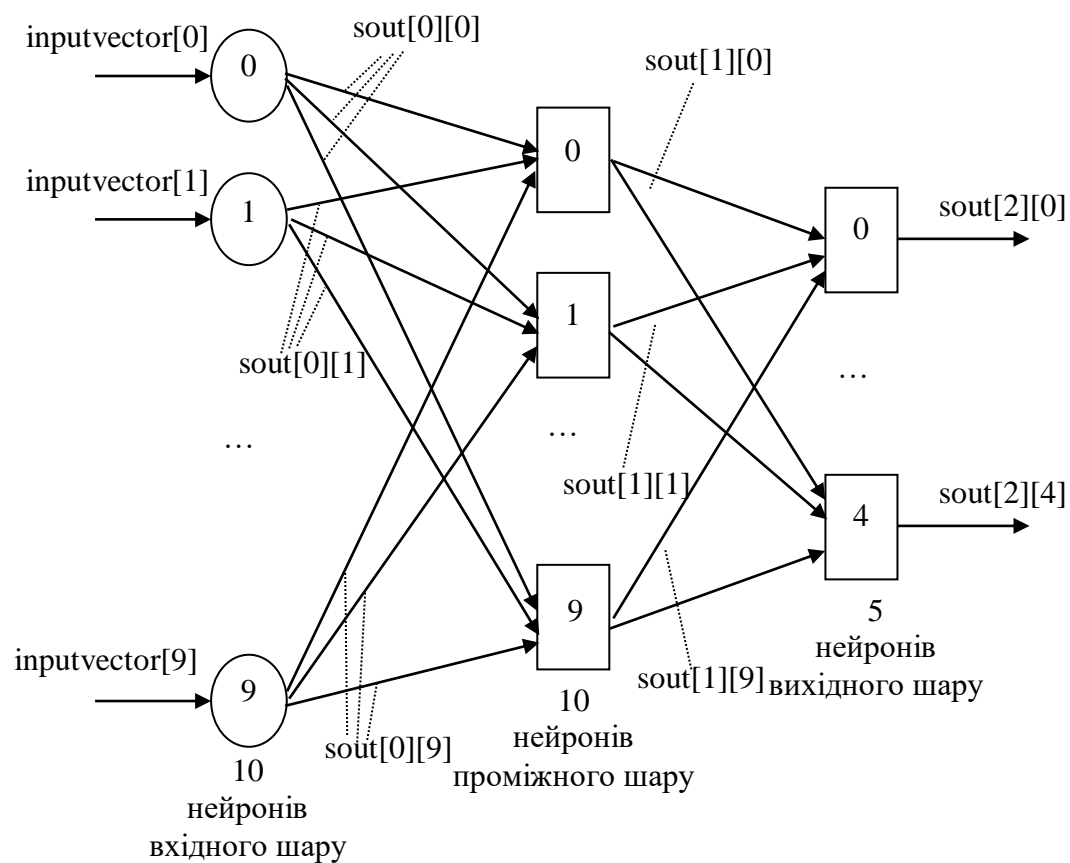


Рисунок 3.34 – Структура проєктованої нейронної мережі з зазначенням змінних, що є сигналами на виходах відповідних нейронів

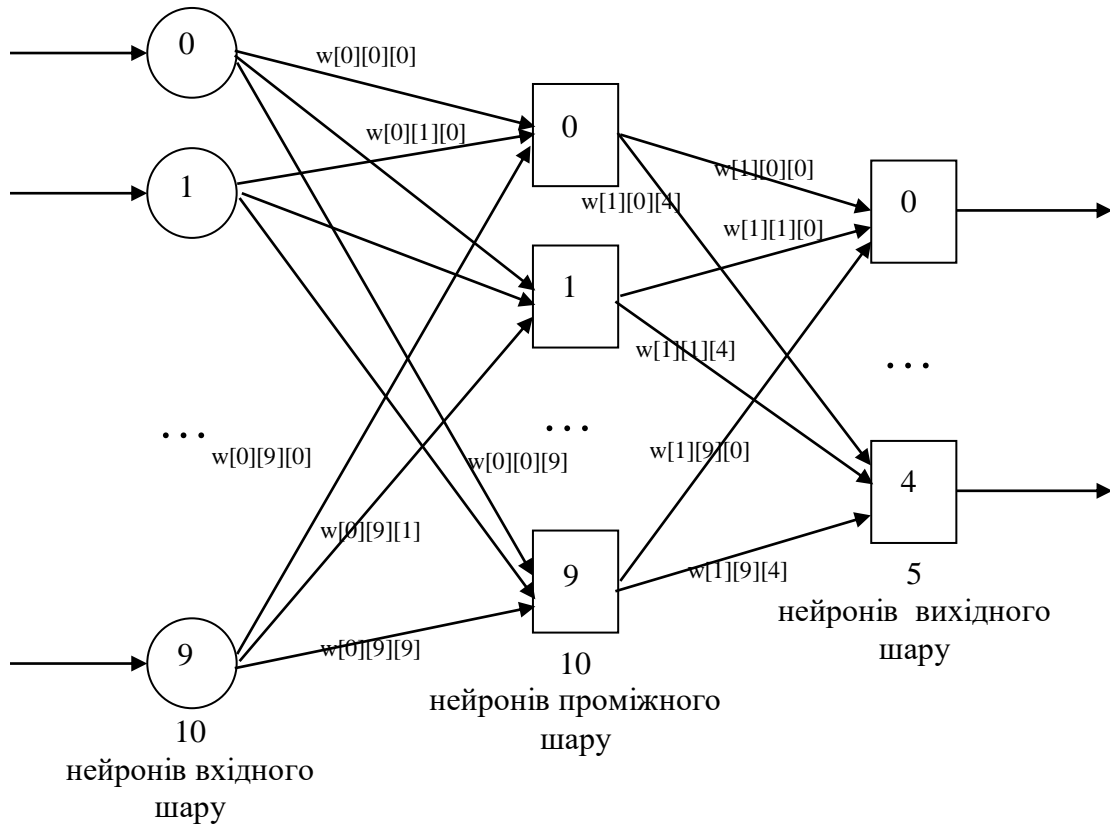


Рисунок 3.35 – Індксація ваг синаптичних зв’язків між нейронами: перший індекс є номером шару, де знаходиться перший нейрон, другий індекс – номер цього нейрону у своєму шарі, третій – номер другого нейрону у своєму шарі

З використанням сигналів $sout$ між нейронами та ваг синаптичних зв’язків w , формуються зважені суми, які стають аргументами функції активації:

$$sout[k+1][i] = F\left(\sum_{j=0}^{N_k} sout[k][j] * w[k][j][i]\right), \quad (3.1)$$

де N_k – кількість нейронів у k -тому шарі;

F – активаційна функція, яка найчастіше задається як сигмоїдна, що реалізує залежність:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}, \quad (3.2)$$

де α - параметр, за допомогою якого можна управляти роботою нейромережі; приймаємо $\alpha = 0,05$.

Залежності (3.2) відповідає функція:

```
public double SigmoidalFunction(double arg)
{
    double res = (double)(1 / (1 + Math.Exp(-alfa * arg)));
    return res;
}
```

Проведення вхідних сигналів, заданих масивом `inputvector`, через усю мережу виконується функцією `Propagate()`:

```
public void Propagate(double[] inputarray)
{
    for (int i = 0; i < Nneurosinlayer[0]; i++)
    {
        sout[0, i] = inputarray[i];
    }
    double sum;
    for (int k = 0; k < 2; k++)
    {
        for (int i = 0; i < Nneurosinlayer[k + 1]; i++)
        {
            sum = 0;
            for (int j = 0; j < Nneurosinlayer[k]; j++)
            {
                sum += sout[k, j] * w[k, j, i];
            }
            sout[k + 1, i] = SigmoidalFunction(sum);
        }
    }
}
```

Аргументом цієї функції є масив вхідного вектора `inputarray`. Спочатку у функції зчитуються усі елементи цього масиву і формується перший набір сигналів `sout[0][i]`, що є виходами нейронів вхідного (нульового) шару.

По-друге, задається змінна `sum`, у якій буде зберігатися зважена сума вхідних сигналів для i -того нейрону. Вихідні сигнали формуються два рази: для прихованого шару та для вихідного шару. Кожного разу функція активації застосовується до зваженої суми усіх сигналів, що підходять до i -того нейрона.

Таким чином, в кінці роботи функції `Propagate()` буде повністю сформованим набір вихідних сигналів для усіх нейронів (що зберігається в масиві `sout`).

Практичний інтерес представляють вихідні сигнали вихідного шару `sout[2][0]`, `sout[2][1]`, `sout[2][2]`, `sout[2][3]`, `sout[2][4]`, що і являють собою шукані значення попиту. Обробка та збереження вихідних значень реалізовано у масиві, що зроблено з метою уніфікації процесу розрахунку вихідних сигналів мережі, а також з метою покращення масштабованості системи (якщо буде необхідно, крім контрольованих 5 товарів, прогнозувати ще якісь характеристики, програму легко модифікувати).

3.5 Опис технічного забезпечення

Сервер та клієнтські ПК повинні мати з'єднання, що забезпечує обмін даними зі швидкістю не менше 100 Мб/с.

Вимоги до серверу: оперативна пам'ять не менше 16 Гб, процесор не менше 4 ядра по 2 ГГц, мережевий адаптер не менше 100 Мб/с, ОС Microsoft Windows Server 2008 (32- чи 64-розрядна) чи вище, СУБД Microsoft SQL Server 2008 Express чи вище.

Вимоги до клієнтського ПК: оперативна пам'ять не менше 1 Гб, процесор не менше 1 ядра по 2 ГГц, мережевий адаптер не менше 100 Мб/с, ОС Microsoft Windows 8.1 (32- чи 64-розрядна).

3.6 Висновки до розділу

У розділі розглянуто засоби розробки програмного забезпечення (ПЗ), обрано клієнт-серверну архітектуру, наведені діаграми класів, послідовності та компонентів, подано інструкцію користувача, представлено вимоги до технічного забезпечення для стабільної роботи програми.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

4.1 Опис ідеї проєкту

На сьогоднішній день супермаркети – головне джерело товарів широкого вжитку для населення великих та середніх міст, тому їх кількість зростає, і навіть на уже зайняті ринки періодично виходять нові гравці, що поступово відвойовують на них свою частку. Очевидно, що для будь-якої точки продажу, в т. ч. і супермаркету, актуальним є питання прогнозування попиту на окремі види товарів, оскільки закупка меншої кількості продукції, ніж потрібно населенню, призведе до її пошуку у сусідніх магазинах-конкурентах, а при систематичності такої ситуації – до повного незадоволення клієнтів та ігнорування такої точки продажу з аргументацією на зразок «навіщо туди іти, адже там все одно завжди нічого немає». З іншого боку, продавець може закупити значно більше продукції, ніж потрібно споживачам, в результаті чого значна частка її псуватиметься, а сам магазин нестиме відповідні збитки.

Отже, актуальним є створення методів та засобів ефективного прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

4.1.1 Опис змісту, напрямків та вигод проєкту

Існують різноманітні методи прогнозування попиту, деякі з яких створені більше сотні років тому, а окремі – тільки стали відомими в останні 10-20 років. У теоретичній частині даної роботи обґрунтовано використання саме механізму теорії нейронних мереж як сучасного універсального та надійного методу прогнозування.

Штучні нейронні мережі є аналогом мозку людини і мають практично усі переваги самого способу його роботи: можуть вирішувати слабкоформалізовані задачі, не потребують розробки складних математичних моделей, які можуть насправді бути неадекватними, є універсальними, розширюваними (легко масштабуються) тощо.

Для роботи з нейронними мережами «стандартної» структури, якими є персептрони (мережі прямого поширення сигналу), розроблено надійні методи

навчання та використання; їх порівняно легко запрограмувати на існуючій персональній комп'ютерній техніці. Для переважної більшості прикладних задач достатньо використання тришарового персептрону.

Таким чином, персептрон з одним прихованим шаром доцільно використати як математичну модель для системи прогнозування попиту на товари супермаркету. Стислий аналіз ідеї проєкту подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка системи для моделювання та прогнозування попиту на товари супермаркету з використанням апарату штучних нейронних мереж, що враховує різноманітні фактори	1. Дослідження впливу параметрів на споживчий попит	Знаходження оптимальних значень параметрів (кількості товарів, максимальної знижки, цін на товари) для отримання максимальної кількості куплених товарів, виручки та прибутку
	2. Прогнозування попиту на окремі товари	Зменшення збитків супермаркету через псування надмірного товару, який не був куплений. Збереження репутації супермаркету як надійного партнера для покупців, який може надати необхідний товар у будь-який час
	3. Аналіз окремих особливостей потреб споживачів (зокрема, за місяцями року)	Краще планування самого асортименту товарів (збільшення у часи підвищеного попиту та зменшення в інші). Задоволення потреб споживачів

4.1.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Використання нейронних мереж має чимало переваг у порівнянні з іншими методами прогнозування. В той же час не слід забувати, що у всіх підходів є як сильні, так і слабкі сторони. Визначення сильних та слабких характеристик ідеї проєкту подано в таблиці 4.2.

У якості конкуруючих ідей прийнято традиційний для прогнозування підхід, що полягає у використанні методів математичної статистики, а також достатньо популярний метод застосування теорії нечітких множин (нечіткої логіки) до задач прогнозування.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних (S), слабких (W) та нейтральних (N) характеристик ідеї проєкту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів			W	N	S
		Мій проєкт	Використання мат. статистики	Використання нечіткої логіки			
1	Надійність результатів прогнозування	Висока	Середня	Середня			+
2	Складність математичної та програмної реалізації	Мала	Висока	Мала			+
3	Необхідність масиву вхідних даних (дата-сету)	Так	Так	Ні		+	
4	Необхідність задання додаткових параметрів моделі (правил, коефіцієнтів тощо)	Ні	Ні	Так (база правил та вид функцій належності суттєво впливають на результат)			+
5	Складність експлуатації	Містить інструкцію	Висока складність	Інтуїтивно зрозумілий		+	

4.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

Важливим етапом розробки стартап-проєкту є його технологічний аудит, результати якого подано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення нейронної мережі для прогнозування	Розробка математичної моделі (структури) мережі	Наявні, але треба модифікувати	Доступні
2	Використання наявної статистики по роботі кількох супермаркетів для навчання мережі	Алгоритми навчання нейронних мереж	Наявні, але треба модифікувати	Доступні
3	Програмна реалізація системи прогнозування	Технології програмування	Зважаючи на задовільну алгоритмічну складність системи, можна використати одну із мов загального призначення та структурну або об'єктно-орієнтовану технологію програмування	Доступні
<p>Обрана технологія реалізації ідей проєкт:</p> <p>Усі технології, наведені в таблиці, є доступними, тому обрані для технічної реалізації проєкту.</p>				

Аналізуючи останній стовпець таблиці, бачимо, що ідея проєкту є цілком здійсненною і для її реалізації можна користуватися лише безкоштовними інструментами, що наявні у відкритому загальному доступі.

Шлях реалізації ідей описаний у даній роботі і складається з:

- а) опису математичної моделі перцептронну з потрібними параметрами;
- б) створення алгоритмів реалізації роботи даної математичної моделі;

- в) програмної реалізації розроблених алгоритмів;
- г) тестування ефективності створеного рішення.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

4.3.1 Аналіз попиту

Першим кроком аналізу ринкових можливостей та загроз є проведення аналізу попиту: його наявності, обсягів та динаміки розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців	18 компаній підприємств роздрібної торгівлі
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум. од	431 млрд грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає, за першу половину 2020 року приріст склав 300 супермаркетів
4	Наявність обмежень для входу	Немає, крім іміджевих
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Середня декларована рентабельність супермаркетів складає приблизно 5%. Середня рентабельність у сфері ІТ складає 8%.

Примітка. Дані про характеристики показників стану ринку взято за посиланням: <http://finbalance.com.ua/news/rejting-top-200-kompaniy-za-obsyhom-dokhodiv>, 13.09.2020 р.

За результатами аналізу таблиці 4.4, а також загальних показників розвитку відповідної галузі економіки України можна зробити висновок, що показник привабливості ринку для входження запропонованого продукту є в цілому задовільним.

4.3.2 Визначення потенційних клієнтів та їх характеристик

Надалі визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Потреба у визначенні оптимальних обсягів майбутніх покупок товарів у виробників для їх продажу у супермаркеті	Менеджери супермаркетів	Не є спеціалістами у галузі ІТ, тому потребують простого способу отримання прогнозів	Точність прогнозу, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс програми, стабільність роботи програми, багатфункціональність
2	Потреба у формуванні асортименту товарів в залежності від пори року	Менеджери супермаркетів та власники бізнесу	Необхідність у простій взаємодії «людина-машина»	Зручність подання інформації

4.3.3 Аналіз ринкового середовища

Узагальнимо інформацію про фактори, які сприяють просуванню запропонованого продукту на ринок (таблиця 4.7), а також можуть перешкоджати цьому (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Недостатня довіра до проєкту	Менеджери можуть висловлювати недовіру результатам роботи нової програми прогнозування	Необхідно проводити роз'яснювальну роботу, причому як у індивідуальному, так і у груповому (семінари, круглі столи, тренінги, майстер-класи) режимах. Висвітлювати на різних численних прикладах ефективну роботу системи
2	Незаконне використання програмного продукту	Споживачі можуть користуватися копіями програми без оплати за ліцензію, від чого проєкт може нести великі збитки	Необхідно впроваджувати сучасну систему технічного захисту програми. Слід зареєструвати авторське право та інші необхідні охоронні документи на програмний продукт
3	Виставлення регресу за збитками супермаркету	В результаті неправильного прогнозу програми супермаркет може отримати збитки, які буде намагатися повернути через суд, виставляючи позов до виробника програми	Необхідно ретельно підійти до питання створення пакету супровідної документації, де зафіксувати можливі похибки системи прогнозування, передбачити пункти відмови від відповідальності, безперервно працювати над покращенням алгоритмів та моделі прогнозування

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Потреба клієнтів у недорогому програмному забезпеченні	Велика кількість споживачів потребує дешевого продукту	Встановлення прийнятної ціни
2	Досягнення лідерства на внутрішньому ринку	Зарекомендувати себе на ринку України як виробника високоякісного продукту	Відносно вільний ринок держави, де розробляється продукт, надає можливості з реалізації та технічної підтримки
3	Запит на партнерство з мережею супермаркетів	Одна із великих мереж може запропонувати ексклюзивну співпрацю з проєктом	Слід проаналізувати доцільність звуження аудиторії споживачів та її обмеження супермаркетами лише даної мережі (доцільно для великих мереж типу «АТБ»)
4	Запит на розширення переліку прогнозованих системою продуктів	При успішному використанні програми для наявного у ній переліку товарів широкого вжитку, може виникнути запит від споживачів про його розширення.	Слід провести аналіз доцільності впровадження кожного нового запропонованого типу товарів для широких мас споживачів. При встановленні такої необхідності слід провести модернізацію програмно-технічної складової системи, додавши відповідні показники

4.3.4 Аналіз загальних рис конкуренції на ринку

Надалі проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції	Чиста	Покращувати якість, здійснювати рекламні заходи
2. Рівень конкурентної боротьби	Національний	Реклама по країні, урахування особливостей національного законодавства та особливостей ведення бізнесу
3. Галузева ознака	Внутрішньогалузева	Орієнтація виключно на співпрацю з супермаркетами
4. За видами товарів	Товарно-видова	Розширення функціональності розробленого продукту
5. За характером конкурентних переваг	Нецінова	Можливість вийти на ринок з не дорогим, але якісним продуктом
6. За інтенсивністю	Немарочна	Можливість досягти впізнаваності продукту шляхом ефективної дистрибуції

4.3.5 Детальний аналіз умов конкуренції в галузі

Проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції у галузі за моделлю М. Портера (таблиця 4.9).

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Системи обліку продажів із функціями прогнозування, наприклад, 1С	Бар'єр входження порівняно високий через значну інтелектуальну складову системи	Програмний продукт зведено на базі загально-доступних технологій, він не потребує якихось поставок	Супермаркети в Україні поступово наближаються до олігополії (зважаючи на бурхливий ріст окремих мереж)	Продукт надто спеціалізований, замінників не визначено
Висновки	Інтенсивність конкурентної боротьби невисока, оскільки прямі конкуренти являють собою загальні системи статистики та використовують інші, не такі ефективні механізми, як штучний інтелект (нейронна мережа)	Існує можливість входу на ринок аналогічних програм, але вона невисока. Інформації про існуючих потенційних конкурентів (що ведуть розробку засобів прогнозування попиту на нейронних мережах) немає	Постачальників, що загрожували би просуванню продукту на ринок, немає	На даний момент суттєвих загроз від клієнтів для просування продукту на ринок немає, однак у близькому майбутньому вони можуть з'явитися (за умови зменшення кількості мереж супермаркетів)	Товарів-замінників немає

За результатами аналізу таблиці 4.9 можна зробити висновок про те, що ситуація на ринку є порівняно сприятливою, існує можливість ефективного просування продукту у наявних соціально-економічних умовах.

4.3.6. Фактори конкурентоспроможності продукту

На основі аналізу конкуренції, наведеного в таблиці 4.9, а також з урахуванням вимог споживачів до товару (таблиця 4.5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 4.6, 4.7) визначимо перелік факторів конкурентоспроможності (таблиця 4.10).

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Тип математичної моделі (використання саме нейронної мережі)	Різні підходи до прогнозування дають різну точність прогнозів. Також відрізняється складність розробки та налаштування різних за архітектурою систем.
2	Простий інтерфейс системи	Важливо при використанні програмного продукту особами, що не є спеціалістами в галузі ІТ
3	Ціна	Ціна запропонованого продукту прийнятна, це значно поширює потенційну клієнтську базу
4	Можливість розширення переліку контрольованих товарів	Важливо за умови розширення співпраці із супермаркетами та їх зацікавленості у прогнозуванні попиту на інші види товарів

4.3.7 Аналіз сильних та слабких сторін проєкту

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 4.10) проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проєкту (таблиця 4.11).

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проєкту
«Інформаційна система прогнозування попиту»

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з даним проєктом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Тип математичної моделі	20		1C	Fuzzy Logic				
2	Простий інтерфейс системи	15	1C			Fuzzy Logic			
3	Ціна	15	1C	Fuzzy Logic					
4	Можливість розширення переліку контрольованих товарів	10			Fuzzy Logic		1C		

4.3.8 SWOT-аналіз запропонованого проєкту

Складемо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), та слабких (Weak), загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, сильних і слабких сторін (таблиця 4.11).

Таблиця 4.12 – SWOT-аналіз стартап-проєкту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - використання сучасного методу з галузі штучного інтелекту – нейронних мереж; - достатньо висока точність виконання прогнозів попиту; - програма має порівняно простий інтерфейс користувача; - багатофункціональність 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - відсутність іміджевих заслуг у виробника продукту; - необхідність проведення численних інформаційних заходів для ознайомлення потенційних споживачів із можливостями продукту (реклами)
--	--

Продовження таблиці 4.12

Можливості: - здатність до розширення системи відповідно до запитів споживачів	Загрози: - можливість малих обсягів продажу продукту; - несанкціоноване використання розробленого програмного забезпечення
--	---

4.3.9 Аналіз альтернатив ринкової поведінки для просування проєкту

На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проєкту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проєкти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Проаналізуємо альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту (таблиця 4.13).

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Проведення рекламної кампанії через мережу Інтернет	низька	1 місяць
2	Проведення особистих зустрічей (в т. ч. онлайн) з керівництвом супермаркетів	середня	до півроку і більше (зважаючи на кількість супермаркетів у країні)

Дві вказані альтернативи мають конфліктуючі показники за ймовірністю та строками реалізації, тому обираючи більш важливий показник (ймовірність), будемо вважати більш ефективною альтернативу №2.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

4.4.1 Визначення стратегії охоплення ринку

В таблиці 4.14 наведено основні цільові групи потенційних споживачів.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Старші менеджери супермаркетів	низька	порядку 1000 ліцензій на весь сегмент	низька	середня
2	Власники бізнесу	середня	порядку десятків угод	низька	висока
Які цільові групи було обрано: старші менеджери супермаркетів					

За результатами аналізу цільових груп потенційних споживачів було обрано цільову групу старших менеджерів супермаркетів, для яких буде запропоновано даний продукт, та визначено стратегію охоплення ринку – стратегію диференційованого маркетингу (компанія працює з кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу).

4.4.2 Формування базової стратегії розвитку

Для роботи в обраних сегментах ринку сформуємо базову стратегію розвитку (таблиця 4.15).

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Впровадження проекту через курс особистих консультацій з менеджерами супермаркетів	Диференційований маркетинг	Висока точність прогнозування, простота роботи з продуктом, масштабованість	Стратегія спеціалізації

4.4.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Наступним кроком визначимо стратегію конкурентної поведінки (таблиця 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№	Чи є проєкт «першопрохідцем» на ринку	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	У такій формі, що подається, проєкт є «першопрохідцем» на ринку	Шукати нових	Ні, не буде	Стратегія заняття конкурентної ніші

4.4.4 Розробка стратегії позиціонування

На основі обраної базової стратегії розвитку (таблиця 4.15) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 4.16) визначимо стратегію позиціонування

(таблиця 4.17), що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Прогнозування таких значень, що співпадатимуть з реальними показниками продажів в майбутньому. Зручність та простота використання продукту. Багато-функціональність	Стратегія спеціалізації	Висока точність прогнозування, простота роботи з продуктом, масштабованість	1. Надійність прогнозу 2. Простота інтерфейсу 3. Розширюваність

4. 5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

4.5.1 Формування маркетингової концепції товару

Сформуємо маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 4.18 підсумуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Якість	Висока якість продукту	Гарантія довгострокового використання продукту
2	Закупівля оптимальної кількості товарів даного виду для продажу у супермаркеті (протягом визначеного періоду, за замовчуванням – місяць)	Здійснення достовірного прогнозу (похибка – біля 10%) попиту на види товарів	Використання штучного інтелекту (надійного апарату нейронних мереж), простота інтерфейсу користувача, проста розширюваність системи на нові види товарів
3	Швидкість створення прогнозу	Можливість швидкого створення прогнозу	Економія часу
4	Багатофункціональність	Функціонал задовольняє потреби користувачів	Багатофункціональність
5	Планування асортименту товарів в залежності від сезону	Аналіз попиту на види товарів узагальнено за місяцями	Простота дій у програмі

4.5.2 Трирівнева маркетингова модель товару

Розробимо трирівневу маркетингову модель товару (таблиця 4.19).

Табл. 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Задовольняє потребу менеджменту супермаркетів у точних прогнозах попиту на товари у майбутньому звітному періоді (1 місяць)		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості / характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Якість 2. Простота у використанні 3. Прийнятна ціна		
	Якість: протокол тестування, пакет документаційного забезпечення (інструкція адміністратора по встановленню, керівництво користувача тощо)		
	Пакування: поставка у фірмовій коробці на компакт-диску		
	Марка: NeuroPrognos 1.1		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: проведення семінарських зустрічей з викладанням відеозаписів на канал виробника у YouTube		
	Після продажу: проведення технічної підтримки за допомогою електронної пошти та месенджерів		
За рахунок чого товар буде захищено від копіювання: - спеціалізована система захисту, що включатиме підсистему логічного захисту від генерації серійного номера (ключа активації), підсистему фізичного захисту від модифікації коду програми та підсистему взаємодії через Інтернет з сервером компанії-виробника для визначення осіб, що здійснюють несанкціоноване використання (з можливістю подальшого вирішення спорів у суді).			

4.5.3 Визначення цінових меж

Визначимо цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, проведемо аналіз ціни на товари-аналоги або товари-

субститутити, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 4.20).

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	8400 грн на продукт 1С	немає	дуже високий (мільйони гривень протягом місяця)	90 у. о. – 190 у. о.

4.5.4 Визначення оптимальної системи збуту

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Бажають отримати програму в офіс	Доставка програми у супермаркет	Одна проміжна ланка – кур'єрська служба	Кур'єрська доставка диска після оплати товару споживачем

4.5.5 Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Розробимо концепцію маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 4.22).

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Поважність, розсудливість, обґрунтування власних рішень	Кореспонденція, телебачення, Інтернет	Надійність прогнозу Простота інтерфейсу Легкість розширення	Створити впевненість у надійності системи прогнозування та необхідності її використання	Реклама на Facebook, відправлення електронних та друкованих листів з гарною поліграфією

Результатом цього підрозділу є ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого впроваджено проєкт, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

4.6 Висновки до розділу

Проведений аналіз показав наявність позитивних перспектив щодо впровадження на ринку України програмного забезпечення для прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету. Існують можливості ринкової

комерціалізації проєкту (наявний попит, наявна динаміка ринку, наявна рентабельність роботи на ринку).

Запропонований продукт має значну точність прогнозування (завдяки використанню нейронної мережі) та достатню простоту його інтерфейсу, що є важливими конкурентними перевагами (на відміну від існуючих складних рішень на зразок 1С та подібних систем «усе-в-одному»).

Для ринкової реалізації проєкту доцільно обрати альтернативу проведення особистих зустрічей з керівництвом супермаркетів.

Подальша імплементація проєкту є доцільною.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації виконано проєктування та реалізацію програмного продукту, що являє собою систему прогнозу попиту на асортимент товарів супермаркету.

У основі системи прогнозування використана штучна нейронна мережа у вигляді двошарового персептрону з десятима входами (в роботі вибрано 10 основних характеристик роботи супермаркету, що можуть впливати на попит) та п'ятьма виходами (шукані значення прогнозованих обсягів продажу п'яти обраних товарів широкого вжитку у грн.). З практичної точки зору у супермаркетах виникає можливість збільшення ефективності покупок з метою отримання вищих прибутків за умови мінімізації витрат.

Програма реалізована мовою C# у середовищі Visual Studio з використанням об'єктно-орієнтованого підходу програмування. Експериментальне дослідження програмного продукту показало, що прогнозування здійснюється із задовільною для даної предметної галузі точністю (83-88%). Відповідно, розроблений програмний продукт може використовуватися на практиці у реальному бізнес-плануванні для обґрунтування економічних рішень щодо продажів ходових товарів широкого вжитку у супермаркетах.

У подальших дослідженнях доцільно впровадити такі елементи, які б враховували на рівні ймовірностей рідкісні події, що інколи трапляються у світі (наприклад, введення карантину, що кардинально змінює реальні цифри у порівнянні з прогнозами найкращих економічних математичних моделей).

Аналізуючи переваги ідеї стартап-проєкту, ринкові можливості його запуску, ринкове середовище, умови конкуренції, сильні та слабкі сторони проєкту, альтернативи ринкової поведінки для його просування, можна зробити висновок про необхідність впровадження на ринку України програмного забезпечення для прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету.

У подальших дослідженнях можна удосконалити створену модель, збільшуючи кількість видів прогнозованих товарів та факторів, що впливають на споживчий попит.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

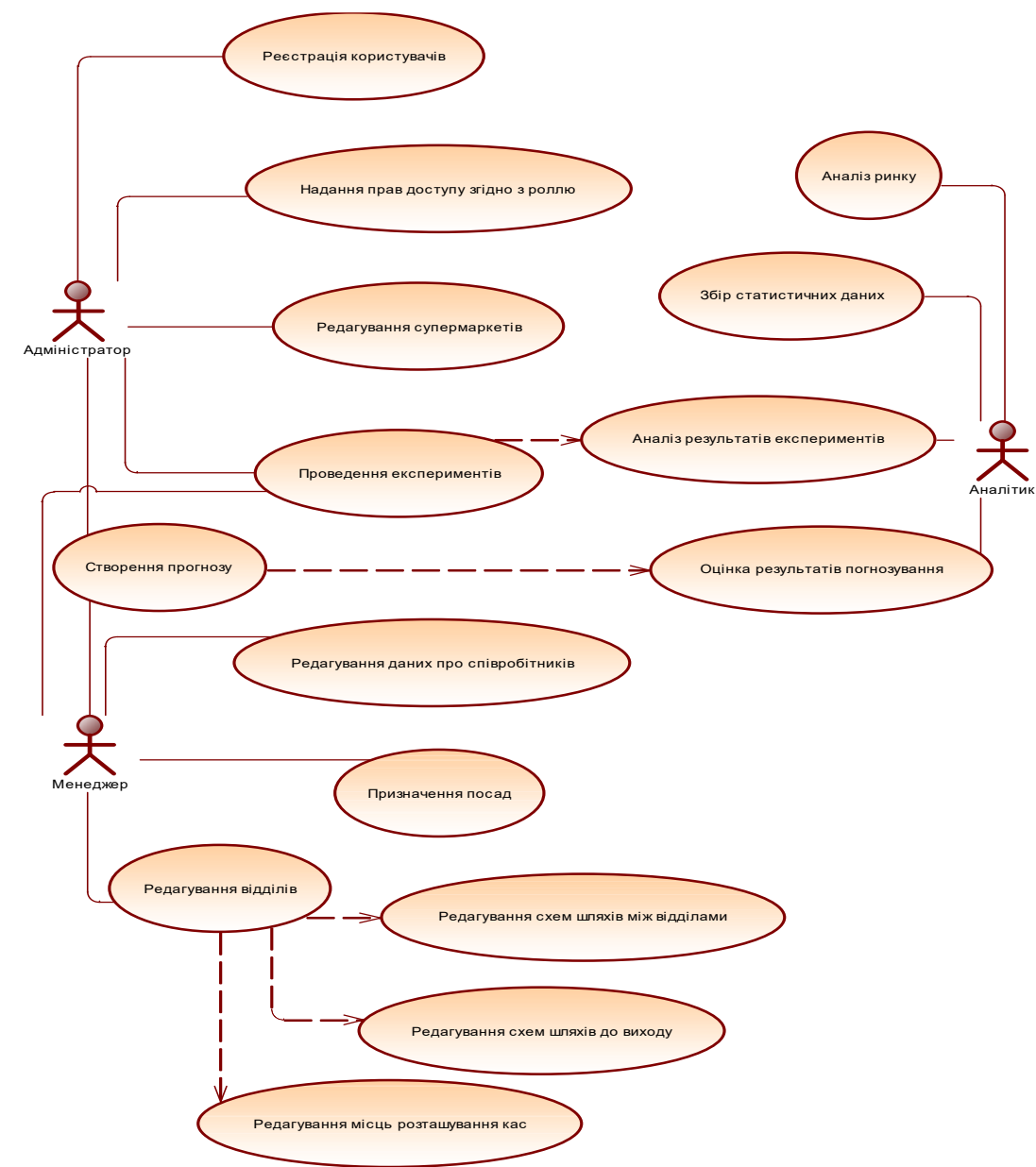
1. Поведінка споживачів [Електронний ресурс] // Тернопіль, ТНЕУ. – 2012. – Режим доступу до ресурсу:
<http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/9364/1/%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%81%d0%bf%d0%b5%d0%ba%d1%82%20%d0%bb%d0%b5%d0%ba%d1%86%d1%96%d0%b9.pdf>.
2. Гаркавенко С.С. Маркетинг. – Київ: Лібра, 2002.
3. Парсяк В.Н., Рогов Г.К. Маркетинговые исследования. – Киев: Наукова думка, 2000.
4. Мюллер Р. Д. Проектирование баз данных и UML. — М.: Лори, 2013. — 432 с.
5. Нестеров С.А. Базы данных. Учебник и практикум для академического бакалавриата. — М.: ЮРАЙТ, 2016. — 230 с.
6. Бураков П.В., Петров В.Ю. Введение в системы баз данных. Учебное пособие [Електронний ресурс].: — С-Пб., 2010. — 129 с.
7. Бен-Ган И. Microsoft SQL Server 2012. Основы T-SQL. — М.: Эксмо, 2017. — 401 с.
8. Гайдаржи В.І., Ізварін І.В. Бази даних в інформаційних системах. — К.: Университет "Україна", 2018. — 418 с.
9. Дейт К. SQL и реляционная теория. Как грамотно писать код на SQL. — М.: Символ-Плюс, 2010. — 480 с.
10. Азгальдов Г. Г. Разработка теоретических основ квалиметрии: автореф. дис. д-ра эконом. наук. — М., 1981.
11. Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей. — М.: «Финансы и статистика», 1986. — 133 с.
12. Норман Дрейпер, Гарри Смит. Прикладной регрессионный анализ, 3-е издание. — СПб: Диалектика, 2016. — 912 с.
13. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy-TECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 719 с.
14. Egmont-Petersen, M.; de Ridder, D.; Handels, H. (2002). Image processing with neural networks – a review. Pattern Recognition 35 (10): 2279–2301.

15. Duda, Richard O.; Hart, Peter Elliot; Stork, David G. (2001). Pattern classification (вид. 2). Wiley.
16. Cybenko, G.V. (2006). Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function. J van Schuppen, Jan H. Mathematics of Control, Signals, and Systems[en]. Springer International. с. 303–314.
17. Bhadeshia H. K. D. H. (1999). Neural Networks in Materials Science. ISIJ International 39 (10): 966–979.
18. Haykin, Simon S. (1999). Neural networks : a comprehensive foundation. Prentice Hall.
19. Hertz, J.; Palmer, Richard G.; Krogh, Anders S. (1991). Introduction to the theory of neural computation. Addison-Wesley.
20. Lawrence, Jeanette (1994). Introduction to neural networks : design, theory and applications. California Scientific Software.
21. M., Bishop, Christopher (1995). Neural networks for pattern recognition. Clarendon Press.
22. Логвиновський Є. О. Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету / Є. О. Логвиновський // Матеріали V всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Інформаційні системи та технології управління» (ІСТУ-2020) – м. Київ.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 26-27 листопада 2020 р. – С. 29-34.

ДОДАТОК А

Графічний матеріал

СХЕМА СТРУКТУРНА ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ

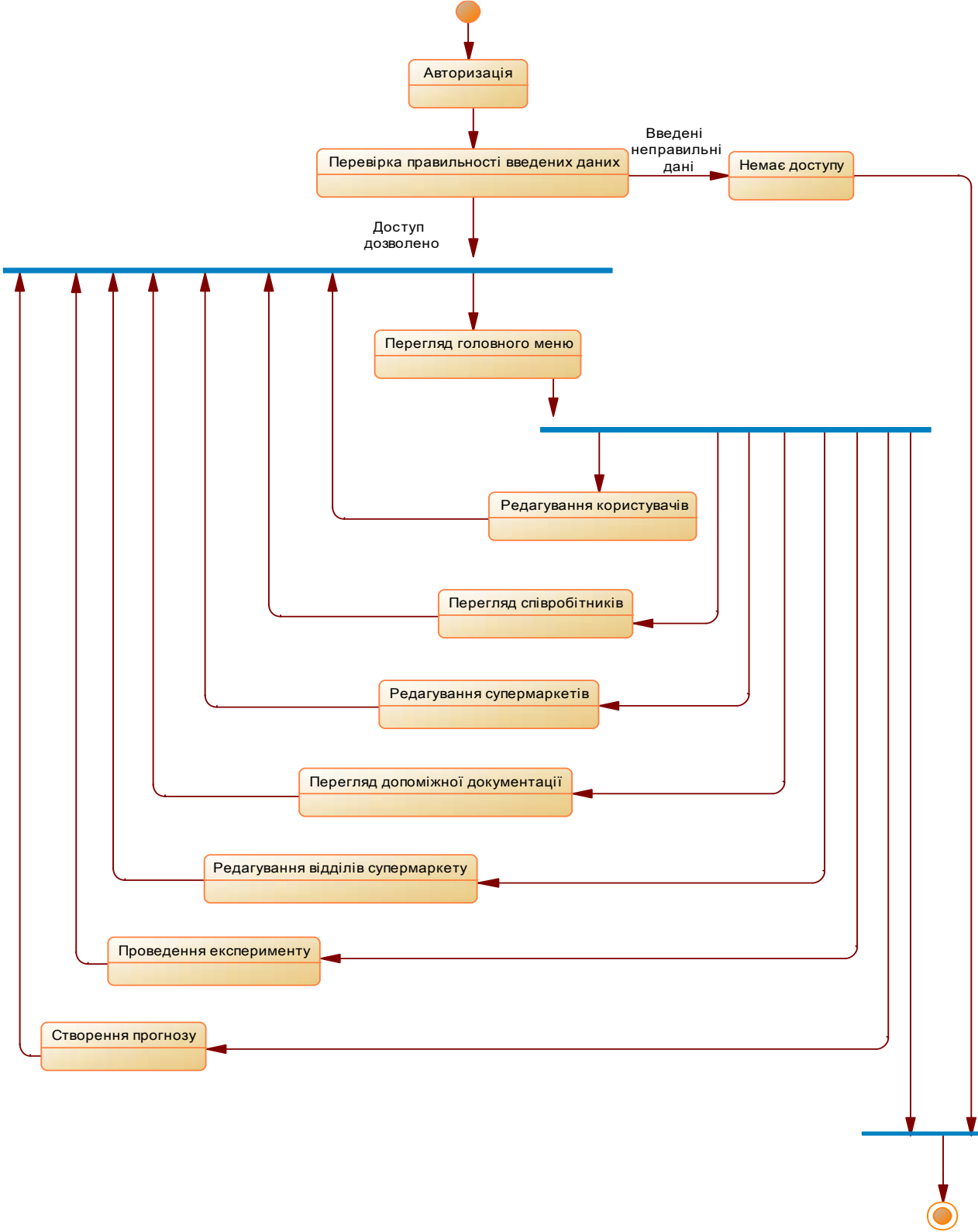


Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

Виконав студент гр. ІС-391мп
Керівник

Логвиновський Є. О.
Жаріков Е. В.

СХЕМА СТРУКТУРНА СТАНІВ СИСТЕМИ

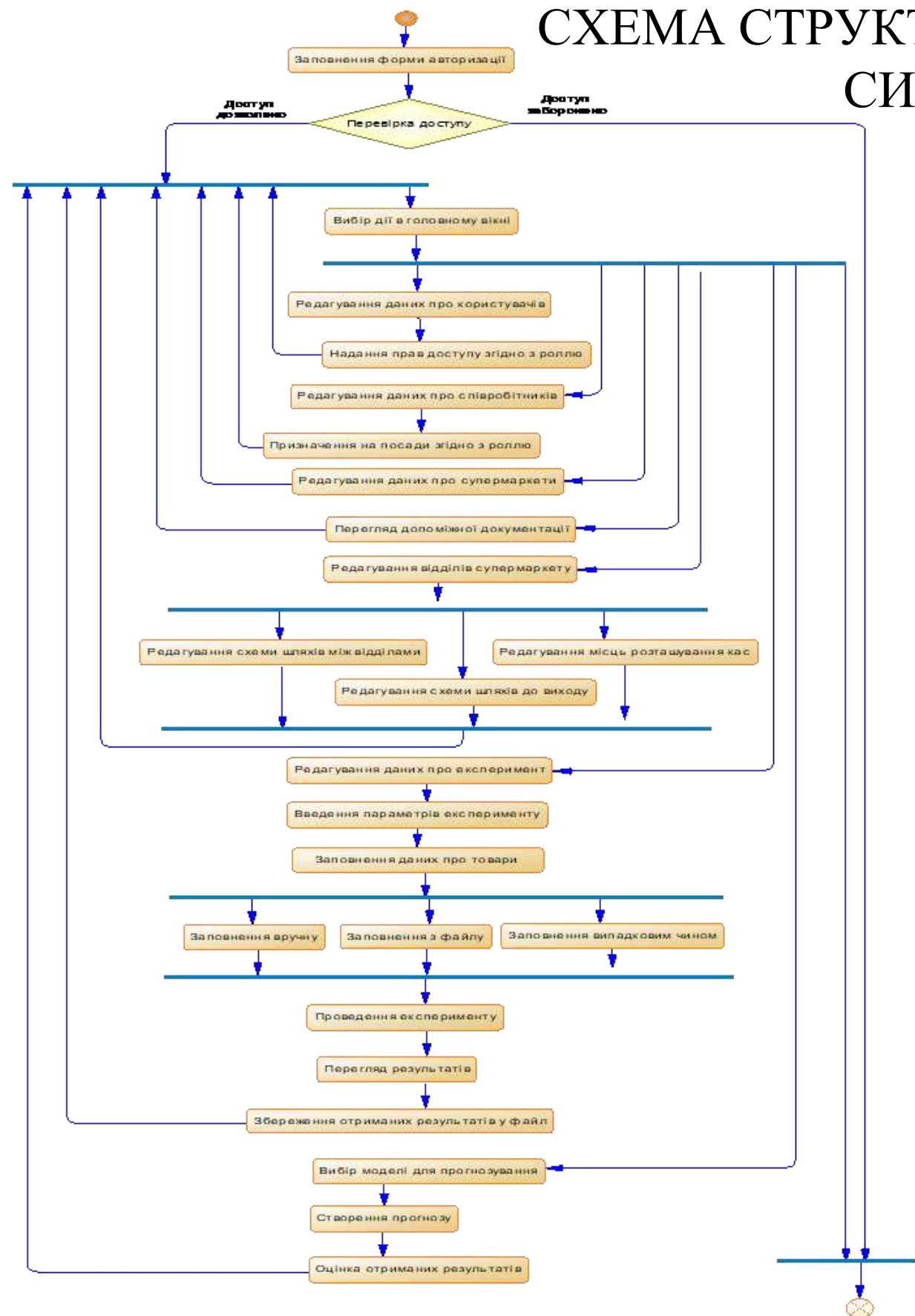


Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

Виконав студент гр. ІС-391мп
Керівник

Логвиновський Є. О.
Жаріков Е. В.

СХЕМА СТРУКТУРНА ДІЯЛЬНОСТІ СИСТЕМИ

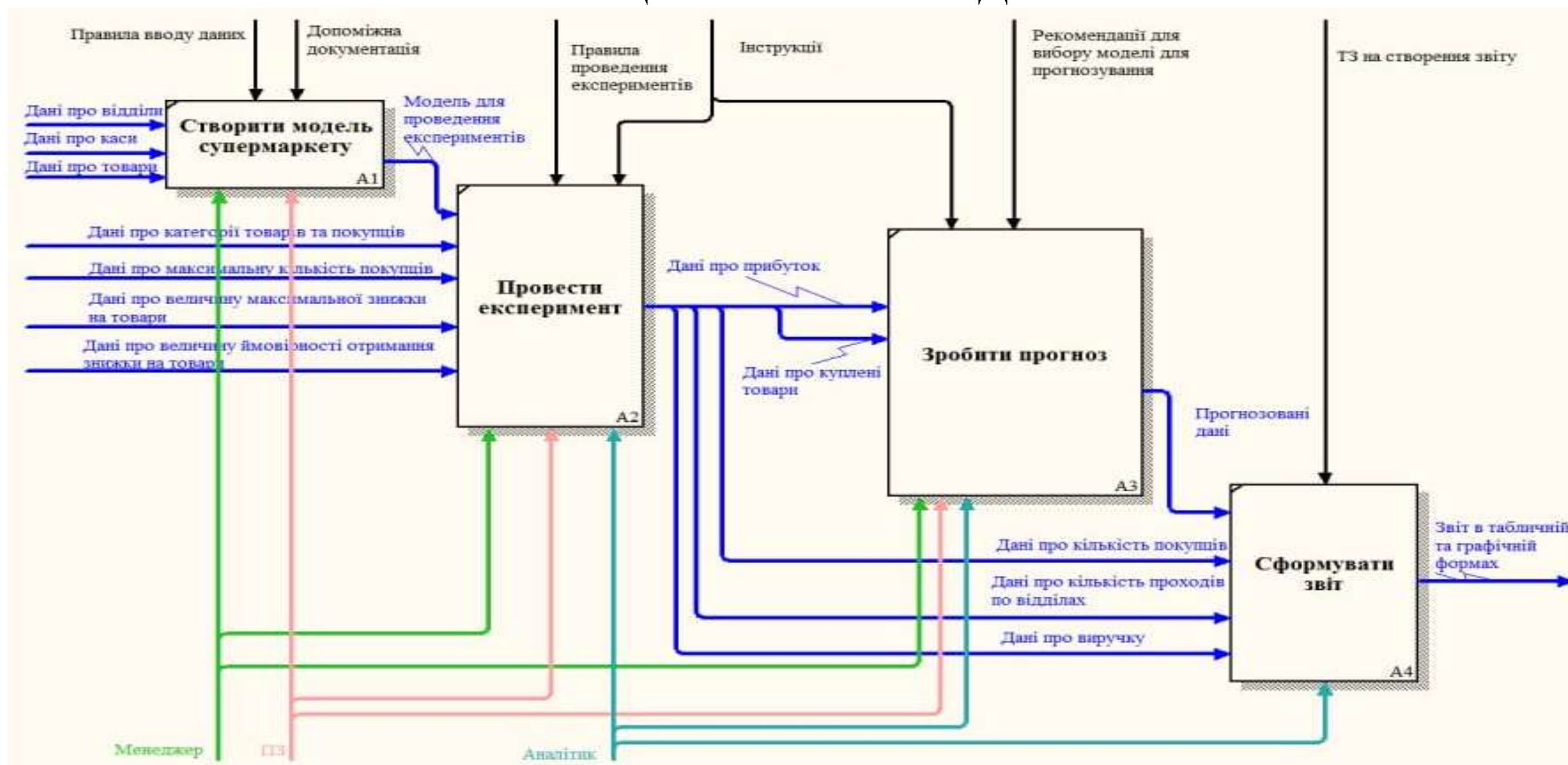


Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

Виконав студент гр. ІС-391мп
Керівник

Логвиновський Є. О.
Жаріков Е. В.

ДІАГРАМА ДЕКОМПОЗИЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ IDEF0



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

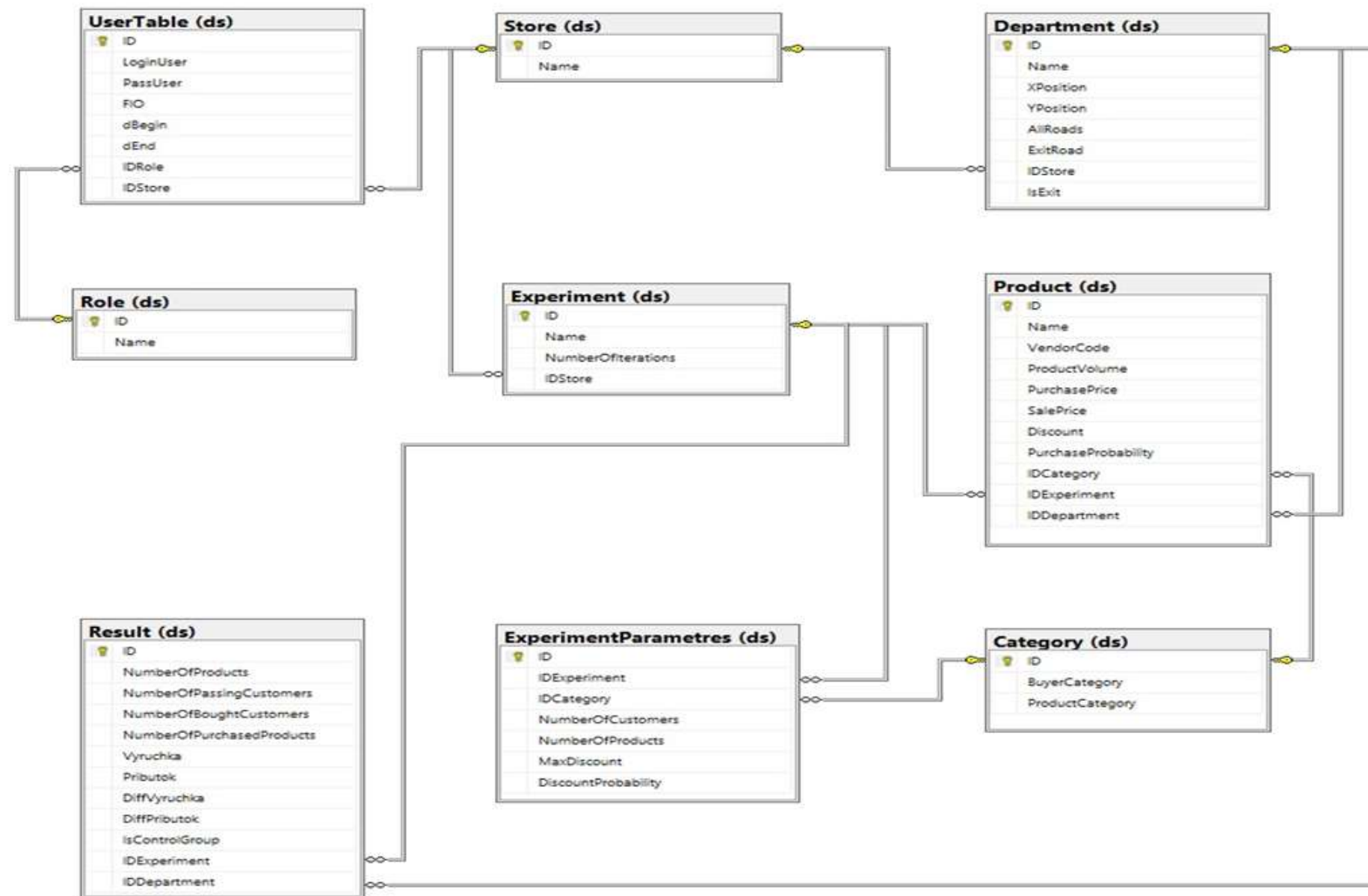
Виконав студент гр. ІС-391мп

Керівник

Логвиновський Є. О.

Жаріков Е. В.

СХЕМА БАЗИ ДАНИХ



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

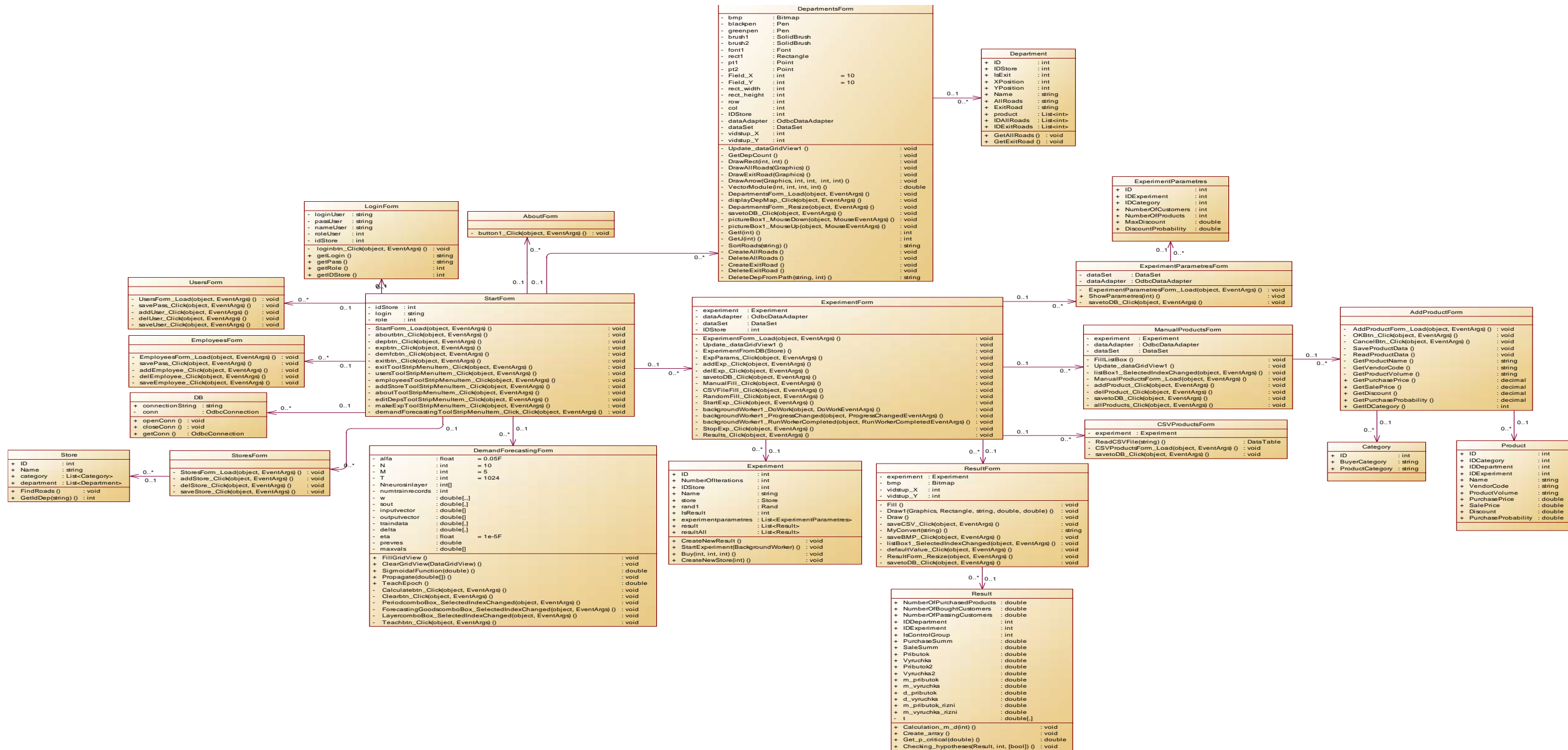
Виконав студент гр. ІС-391мп

Логвиновський Є. О.

Керівник

Жаріков Е. В.

СХЕМА СТРУКТУРНА КЛАСІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

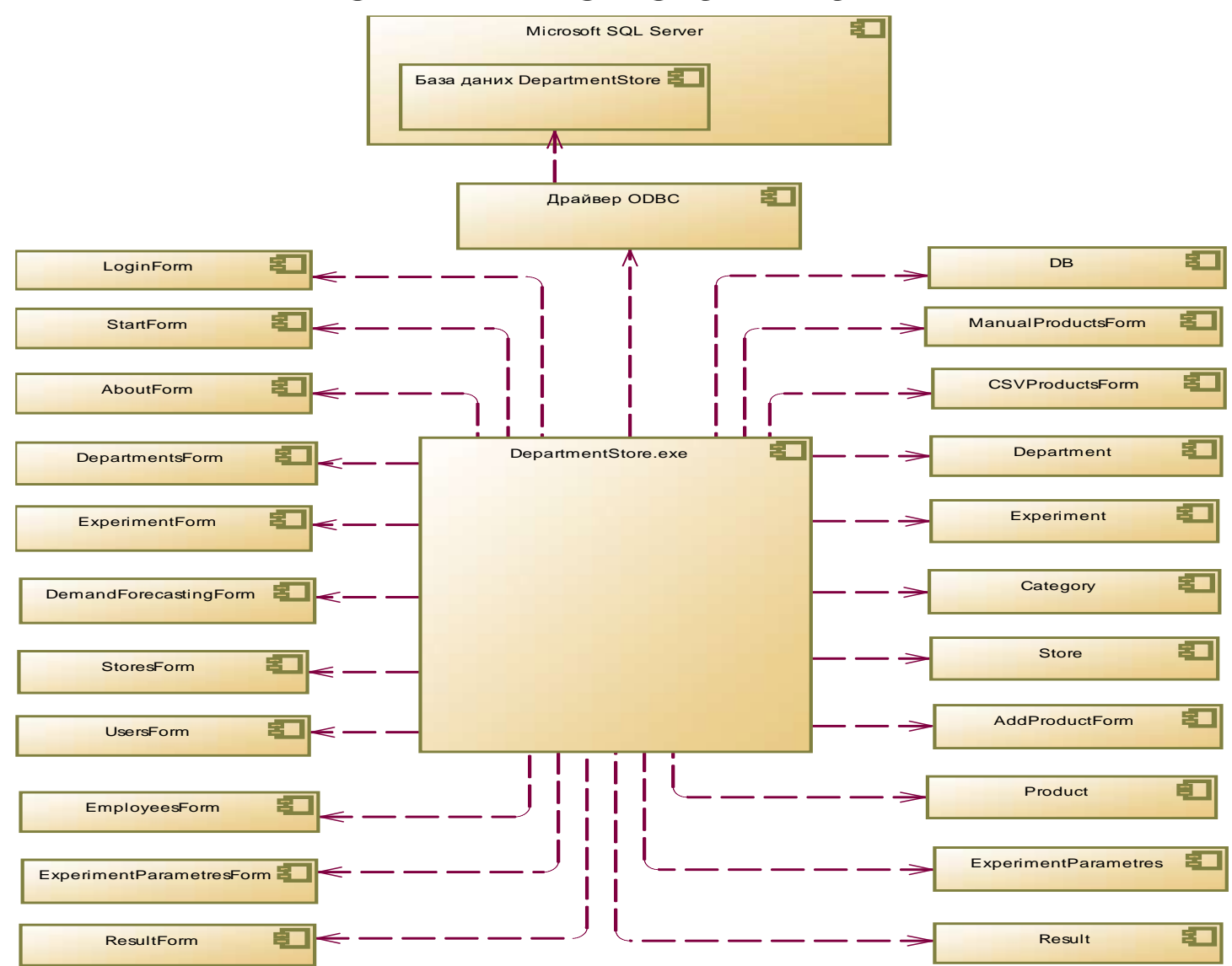
Виконав студент гр. ІС-391мп

Логвиновський Є. О.

Керівник

Жаріков Е. В.

СХЕМА СТРУКТУРНА КОМПОНЕНТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

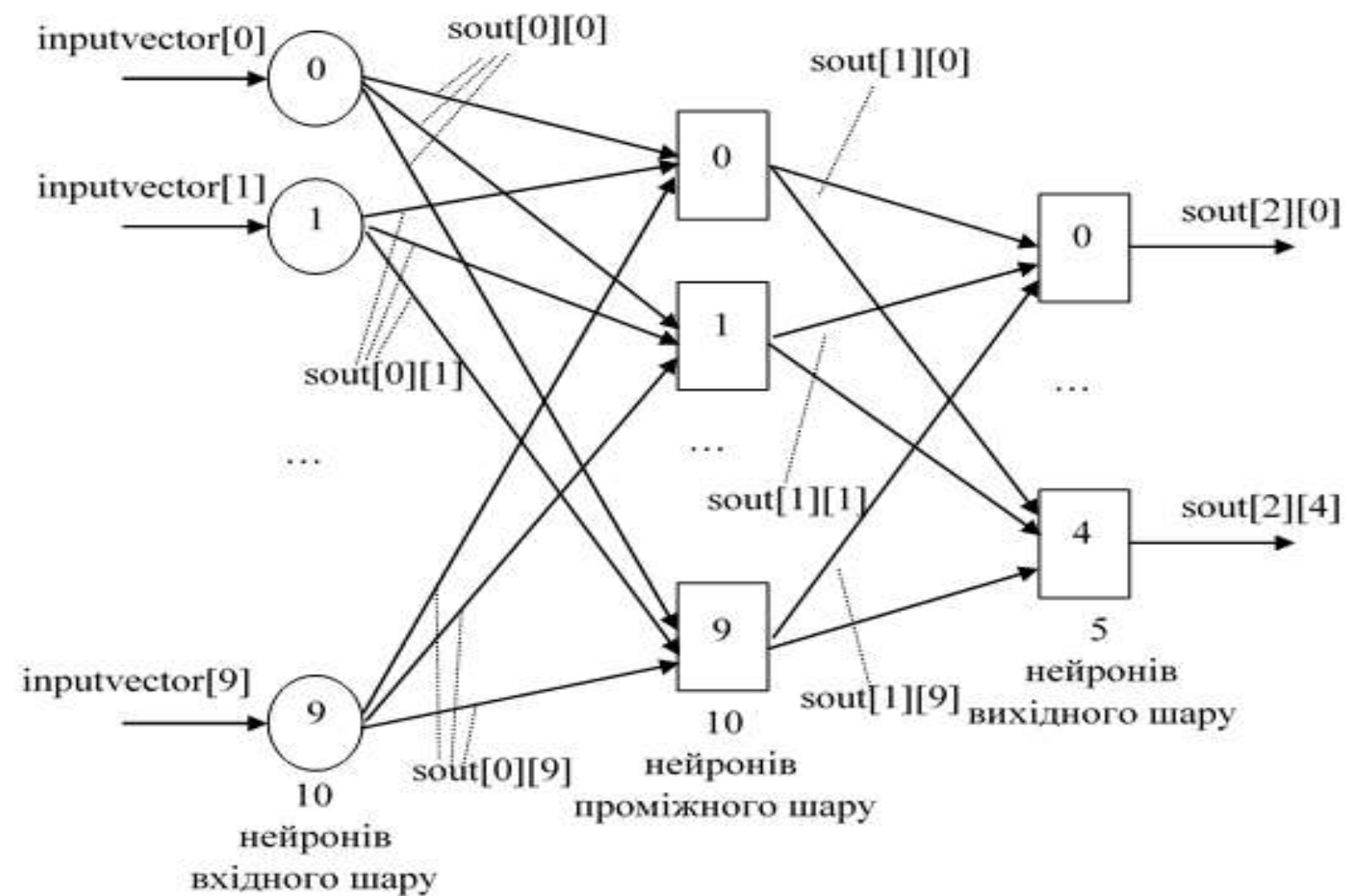


Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

Виконав студент гр. ІС-391мп
Керівник

Логвиновський Є. О.
Жаріков Е. В.

СТРУКТУРА ПРОЕКТОВАНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації
на тему «Прогнозування попиту на асортимент товарів супермаркету»

Виконав студент гр. ІС-391мп

Керівник

Логвиновський Є. О.

Жаріков Е. В.